

N° D'ORDRE : 245

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

Marie-Hélène SACHET

1^{re} THÈSE. — Monographie physique et biologique de l'île Clipperton.

2^e THÈSE. — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le

1962, devant la Commission d'examen.

MM. P. MATHIAS, *Président*.

L. EMBERGER }
J. AVIAS } *Examineurs.*

MASSON & C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS (VI^e)

1962

N° D'ORDRE : 245

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

Marie-Hélène SACHET

1^{re} THÈSE. — Monographie physique et biologique de l'île Clipperton.

2^e THÈSE. — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le

1962, devant la Commission d'examen.

MM. P. MATHIAS, *Président*.

L. EMBERGER
J. AVIAS } *Examineurs.*



MASSON & C^{ie}, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS (VI^e)

1962

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

LISTE DES PROFESSEURS

Doyen B. CHARLES, Mathématiques pures.
Assesseur R. JOUTY, Physique.

Professeurs honoraires.

R. JACQUES.	E. CARRIÈRE.	J. SOULA.
M. CASTERAS.	E. TURRIÈRE.	G. DENIZOT.

Professeurs titulaires.

M. MOUSSERON	Chimie.	G. COUCHET	Mécanique supérieure.
L. EMBERGER	Botanique.	M ^{lle} A. M. VERGNOUX ..	Physique.
C. BOUHET	Physique.	P. SILBER	Chimie minérale.
P. MATHIAS	Zoologie et biologie gén.	J. AVIAS	Géologie.
P. CHATELAIN	Minéralogie et cristallogr.	P. VIELES	Chimie.
M ^{lle} O. TUZET	Zoologie et biologie gén.	J. RABINOVITCH	Physique.
M ^{lle} G. CAUQUIL	Chimie.	E. KAHANE	Chimie biologique.
J. GRANIER	Physique.	J. J. MOREAU	Mécanique rationnelle.
J. SALVINIEN	Chimie, Physique.	J. MOTTE	Botanique.

Professeurs sans chaire.

M ^{me} J. CHARLES	Mathématiques.	R. LAFONT	Physique.
C. CHALIN	Physique.	I. ASSENMACHER	Physiologie animale.
R. JACQUIER	Chimie.	P. MURAOUR	Géophysique appliquée.
M ^{lle} DE POUQUES	Botanique.		

Maîtres de conférences.

J. FALGUEIRETTES	Minéralogie.	P. DEMANGEON	Géologie.
L. EUZET	Zoologie.	E. GROUBERT	Physique.
C. ROUMIEU	Mathématiques.	H. CHRISTOL	Chimie.
J. PERETTI	Physique.	M ^{me} LAFON	Mathématiques.
M. MATTAUER	Géologie.	J. ROUZAUD	Chimie.
P. CAILLON	Physique.	M ^{me} COLSON-GUASTALLA...	Biologie physico-chimique.
J. RÉMY	Géologie.	J. P. LAFON	Mathématiques.
G. TOURNE	Chimie minérale.	A. STEINER	Psycho-physiologie.
H. ANDRILLAT	Astronomie.	G. LAMATY	Chimie.
M ^{me} VERNET-CORNUBERT...	Biologie animale.	C. DELOUPY	Physique.
A. BONNET	Botanique.	GRAMBAST	Botanique.

Charge d'enseignement.

M. LEFRANC	Mathématiques.	A. MARTINEAU	Mathématiques.
------------------	----------------	--------------------	----------------

Secrétaire principal E. SIAU.

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté :

BIOGÉOGRAPHIE, PALÉONTOLOGIE ET ZOOLOGIE DES RÉCIFS CORALLIENS

VU ET APPROUVÉ :

Montpellier, le 12 janvier 1962.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

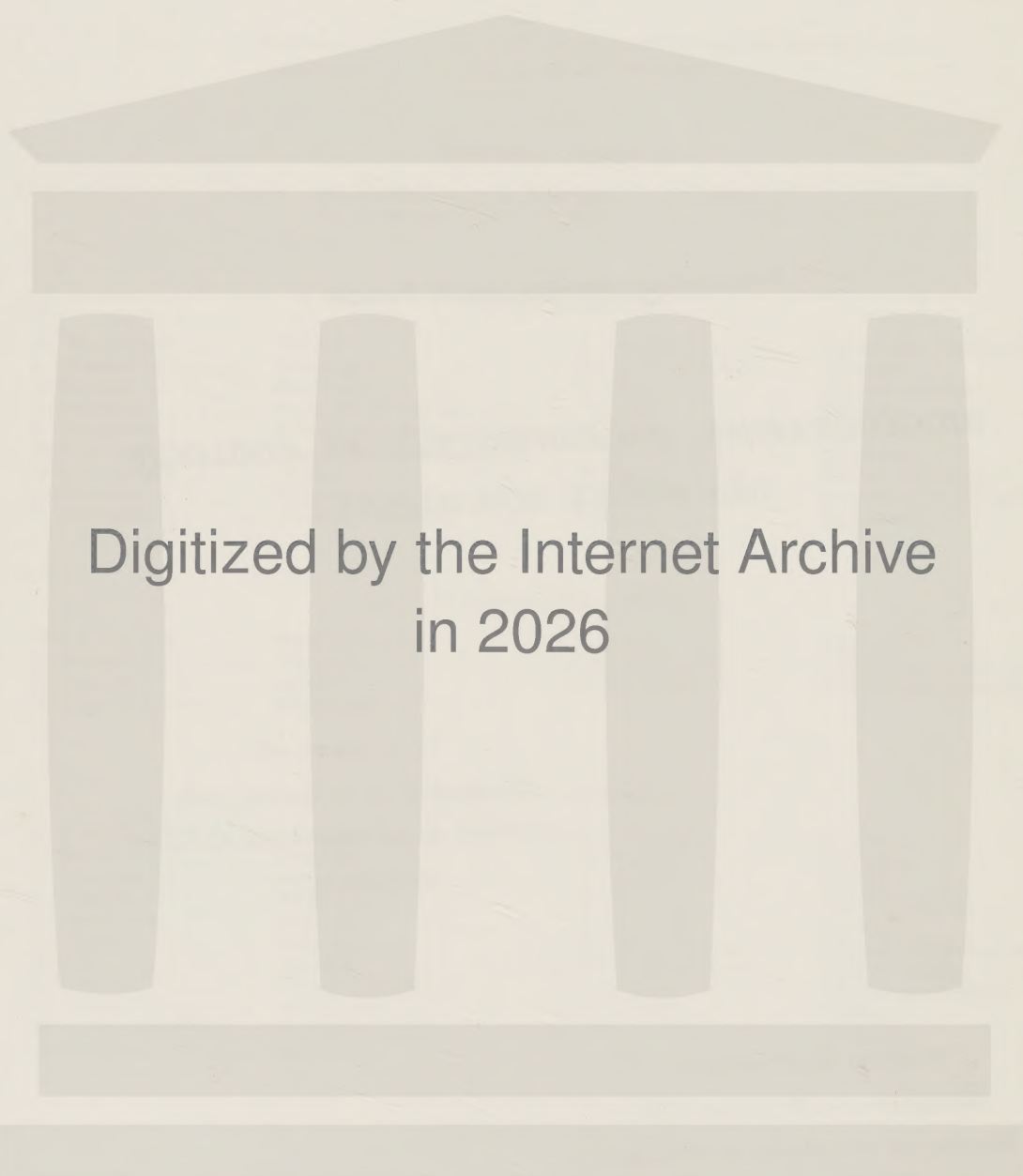
B. CHARLES.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Montpellier, le 13 janvier 1962.

Le Recteur de l'Académie de Montpellier,

G. RICHARD.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555608_0007

MONOGRAPHIE PHYSIQUE ET BIOLOGIQUE
DE
L'ILE CLIPPERTON ⁽¹⁾

PAR

MARIE-HÉLÈNE SACHET

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	2
INTRODUCTION	4
APERÇU HISTORIQUE	5
CLIMAT	9
Température (p. 9). — Pression atmosphérique (p. 13). — Vents (p. 14). — Tempêtes tropicales et cyclones (p. 17). — Précipitations (p. 22). — Humidité (p. 26). — Nébulosité et visibilité (p. 26).	
HYDROLOGIE MARINE	27
Courants (p. 27). — Vagues (p. 28). — Marées (p. 29). — Températures de l'océan (p. 31).	
TOPOGRAPHIE SOUS-MARINE	31
Fond de l'océan, Clipperton Ridge (p. 31). — Montagne sous-marine (p. 33). — Partie supérieure des versants, terrasse (p. 33). — Discussion (p. 34). — Récifs (p. 34).	
MORPHOLOGIE DE L'ÎLE	37
Littoral	37
Plages (p. 37). — Beach rock (p. 39).	
Terre émergée	40
Levées détritiques (beach ridges) (p. 40). — Surface de l'île (p. 42). — Matériaux meubles (p. 42). — Gradins (p. 42). — Pavages en affleurement (p. 43). — Rives du lagon (p. 43). — Falaises (p. 43). — Autres formes littorales du lagon (p. 44).	
Le Rocher Clipperton	45
Le lagon	48
Eau du lagon (p. 48). — Niveau du lagon (p. 49). — Profondeur du lagon et nature du fond (p. 51). — Récifs et îlots du lagon (p. 52).	

(1) Publié avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique.

DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	53
Sédiments meubles	54
Blocs et galets (p. 54). — Gravier (p. 54). — Gravier fins, sables, limons et mélanges (p. 55).	
Sédiments consolidés	58
Conglomérats de plages (p. 58). — Conglomérats phosphatiques (p. 59).	
Roche volcanique	63
Pierre ponce et autres roches d'origine étrangère	64
Analyses des échantillons de roches de l'île Clipperton	65
Analyse de phosphate commercial	65
EVOLUTION PHYSIOGRAPHIQUE	66
Evolution géologique (p. 66). — Evolution historique due à des causes naturelles (p. 67). — Changements récents dus à l'homme (p. 70).	
VIE DU RÉCIF	71
Biogéographie	73
ECOLOGIE TERRESTRE	75
Habitat	75
Espèces vivantes	76
Espèces végétales (p. 76). — Végétation du lagon (p. 79). — Vie animale (p. 80). — Mammifères (p. 80). — Oiseaux (p. 81). — Reptiles (p. 85). — Invertébrés terrestres et lagunaires (p. 85).	
Histoire écologique	87
CATALOGUE DES FAUNES ET FLORES MARINES ET TERRESTRES	88
BIBLIOGRAPHIE	97
EXPLICATION DES PLANCHES	104

AVANT-PROPOS

C'est dans le cadre de l'Année Géophysique Internationale qu'a eu lieu l'expédition à l'île Clipperton dont certains résultats seront relatés ici. En effet, un des participants à cette vaste entreprise de recherches était la *Scripps Institution of Oceanography*, qui fait partie de l'University of California. Pendant l'Année Géophysique Internationale, la Scripps Institution multiplia ses croisières de recherches océanographiques dans le Pacifique, et en particulier en effectua plusieurs dans la région de Clipperton. A l'occasion de l'une d'elles, l'expédition Doldrums, il fut décidé d'étudier la biogéographie de cette île peu connue. Un groupe de 13 personnes fut laissé sur l'île par le bâtiment de recherches, *Spencer F. Baird*, le 7 août 1958, et repris à bord le 26, à l'exception de 4 qui demeurèrent sur l'île jusqu'au 25 septembre pour poursuivre des études sur les Requins. J'ai eu la grande bonne fortune de faire partie du groupe de naturalistes en qualité de botaniste. En outre, j'ai aussi, dans la mesure du possible, étudié la faune et la géologie, et récolté des échantillons de sols et roches.

Il sera difficile de remercier suffisamment toutes les personnes qui ont facilité mon travail à Clipperton. En premier lieu, je doit exprimer ma gratitude à la Scripps Institution of Oceanography, et à son directeur le Docteur ROGER REVELLE pour cette occasion unique de recherches sur une île déserte. Je dois aussi beaucoup au chef de l'expédition DOLDRUMS, Mr. JOHN A. KNAUSS, au chef de notre groupe, le regretté CONRAD LIMBAUGH, à chacun de mes compagnons dans l'île, au Captain A. W. PHINNEY, commandant du bâtiment de recherches « *Spencer F. Baird* », et à son équipage. Notre visite n'aurait pu avoir lieu sans l'autorisation du Gouvernement français, qui nous a permis de séjourner sur l'île Clipperton, territoire français, et sans l'aide du Docteur JEAN DELACOUR, alors Directeur du Los Angeles County Museum, et de M. le Professeur ROGER HEIM, Directeur du Muséum National d'Histoire Naturelle, dont l'intervention a beaucoup facilité l'obtention de cette autorisation. Qu'il nous soit permis d'exprimer ici à ces personnalités, ainsi qu'aux services de l'Ambassade de France à Washington et au bureau de l'Attaché Naval, nos vifs remerciements.

En ce qui concerne l'examen des documents et collections, et la préparation de ce travail, je dois avant tout remercier mes supérieurs de l'U. S. Geological Survey et du Pacific Science Board, National Academy of Sciences - National Research Council, qui m'ont autorisée et encouragée à poursuivre cette étude. L'Academy m'a aidée aussi par l'attribution d'une bourse du Joseph-Henry-Fund. Ce travail n'aurait jamais pu être mené à bien sans l'aide du Docteur F. R. FOSBERG du Pacific Vegetation Project, U. S. Geological Survey, qui m'a donné des directives et encouragements avant l'expédition, et n'a cessé depuis de diriger et soutenir mes efforts. Je lui en suis profondément reconnaissante.

Il serait impossible de nommer ici toutes les personnes qui m'ont aidée dans les déterminations, analyses et observations des collections, et à qui je tiens à exprimer toute ma gratitude. Leurs noms et contributions seront cités dans le courant de ce mémoire. Dans le rassemblement de documents bibliographiques et photographiques, j'ai bénéficié de l'aide de nombreux organismes : la Marine américaine par l'intermédiaire de certains de ses services, Office of Naval Research, Naval History Division, et U. S. Hydrographic Office; le Service Historique de la Marine Nationale; le U. S. Weather Bureau; le U. S. National Museum; la Library of Congress; la California Academy of Sciences; les U. S. National Archives, et bien d'autres. Je dois mentionner plus particulièrement la dette que j'ai envers M. A. OBERMÜLLER, Géologue en Chef de la France d'outre-mer, qui m'a précédée à l'île Clipperton et m'a communiqué ses travaux avant même qu'ils ne soient parus, ses photographies et même des échantillons de ses collections pétrographiques.

Miss EVELYN L. PRUITT, Directrice de la Geography Branch, Office of Naval Research, a bien voulu prendre le temps de rechercher pour moi des photographies et documents de l'U. S. Navy. MM. E. C. ALLISON, A. I. COOPERMAN, A. S. HAMBLY, LESTER F. HUBERT, W. L. KLAWE, JOHN KNAUSS, CONRAD LIMBAUGH, et W. E. MALONE, et MM. les Professeurs H. E. MAUDE, C. S. RAMAGE, WALDO SCHMITT, et R. E. SNODGRASS m'ont généreusement communiqué des documents, ou notes inédites. En outre, MM. ALLISON et E. S. REESE m'ont autorisée à utiliser certaines de leurs photographies. Je tiens à remercier aussi MM. J. A. DENSON, S. SILVERMAN et V. A. ROSSI de leurs conseils et de leur aide dans le travail photographique et cartographique. MM. les Professeurs J. AVIAS, L. EMBERGER, B. GILLIET, A. GUILCHER, F. R. FOSBERG et G. MANGENOT ont bien voulu lire et critiquer le manuscrit. A tous, j'exprime mes sincères remerciements.

Je voudrais aussi faire part de mes sentiments de vive gratitude à MM. les Professeurs L. EMBERGER et G. MANGENOT, qui n'ont jamais perdu de vue leur ancienne élève, mais lui ont toujours témoigné leur intérêt bienveillant, et prodigué leurs encouragements. Je suis très reconnaissante à MM. les Professeurs J. AVIAS, L. EMBERGER et P. MATHIAS d'avoir bien voulu examiner mon travail et faire partie du jury de thèse.

Enfin, je tiens à remercier particulièrement le Professeur FAGE, grâce à qui ce mémoire sur une île peu connue a pu être publié, et bénéficier de la belle présentation des *Annales*.

INTRODUCTION

L'île Clipperton (fig. 1) est une des îles les plus isolées de l'Océan Pacifique. Elle fait partie de la France d'outre-mer depuis plus de cent ans, mais n'a été que rarement visitée par des Français. Les îles de Polynésie française les plus proches sont les îles Marquises, dont Nuku Hiva se trouve à 2 170 milles marins au sud-ouest de Clipperton. Voici quelques autres chiffres qui donneront une idée de la position et de l'isolement de Clipperton, dont les coordonnées sont $10^{\circ} 18' N$ et $109^{\circ} 13' W$ (la position rectifiée de Astro 1957, un monument érigé par le United States Hydrographic Office sur la côte nord-est est $10^{\circ} 18' 41'' N$, $109^{\circ} 12' 34'' W$). La côte la plus proche est la côte du Mexique, à 600 milles au N-NE. Les îles Revillagigedo se trouvent directement au nord, la plus proche, Socorro, à 530 milles. Les îles Galapagos, au sud-est, sont distantes de 1 300 milles (île Chatham, 1 350). L'île de Pâques, encore plus isolée, est située à 2 250 milles au sud de Clipperton. Cette dernière est une des rares îles océaniques du Pacifique oriental et la seule île de corail dans cette partie de l'Océan. L'île de corail la plus proche, Pukapuka, dans l'archipel des Tuamotus, se trouve à 2 315 milles au sud-ouest.

Clipperton est formée d'un anneau continu et très bas, d'origine corallienne; on peut la considérer comme un atoll, pour simplifier les choses, bien que la présence d'un piton volcanique dans la partie sud-est en fasse ce qu'on a appelé un presque atoll. Ce terme a été utilisé pour des formations très diverses, et comme le rocher volcanique ne joue qu'un rôle apparemment minime dans l'écologie de l'île, par comparaison avec l'anneau de corail, ce n'est pas fausser les choses que de parler d'atoll.

L'île (fig. 1) a la forme d'un œuf, dont le grand axe serait orienté nord-ouest - sud-est. Cet axe passe un peu au nord du Rocher Clipperton, qui est au bout d'une courte péninsule dans le lagon, appelée l'isthme, et parallèle à la côte sud-est de l'île. L'anneau de corail continu et fermé entoure un lagon d'eau presque douce. Les atolls fermés sont relativement rares, et il en existe peu qui aient un anneau aussi étroit, autour d'un lagon relativement aussi vaste. Le grand axe de l'île (NW-SE) a 4 km, la circonférence de l'anneau à peu près 12 km. La bande de terre émergée, d'une largeur moyenne d'environ 200 m, est la plus large le long du côté nord-ouest, avec un maximum de 400 m au coin ouest, et s'amincit jusqu'à 45 m dans la moitié nord du côté nord-est. Cette dernière région est un des points faibles de l'île, souvent inondé en cas de tempête, et ne s'élève que de 0,65 m au-dessus du niveau moyen (estimé) des marées hautes.

La coupe océan-lagon présente à peu près partout le même profil : une pente assez forte jusqu'au sommet des plages ou des levées de corail détritique, puis une pente douce vers le lagon. La rupture de pente, et donc le point le plus élevé de chaque coupe, se trouve toujours près de l'océan, au sommet des plages ou crêtes détritiques. L'altitude maxima de ces crêtes est d'environ 4 m au-dessus du niveau moyen des hautes eaux. Le rocher Clipperton s'élève de 29 m au-dessus du niveau



FIG. 1. — Ile Clipperton.

de la mer et est visible de partout autour de l'atoll. D'un bateau au centre du lagon, on peut voir la bande de terre ferme tout autour de soi, mais si basse et si mince qu'on a l'impression de n'être séparé de l'océan que par un fil blanc.

Aperçu historique.

L'île Clipperton (1) porte le nom d'un corsaire anglais, JOHN CLIPPERTON, qui est censé l'avoir aperçue en 1705, après s'être séparé de WILLIAM DAMPIER le célèbre corsaire-naturaliste qui commandait le *St. George* (BURNEY, 1816). CLIPPERTON déserta

(1) Pour une étude historique détaillée, avec tableau chronologique et bibliographie, voir SACHET, 1960.

et vola une prise espagnole, sur laquelle il effectua une remarquable traversée du Pacifique. Il n'existe pas de récit de ce voyage au cours duquel le Rocher Clipperton aurait reçu ce nom, qui se trouva indiqué sur les cartes publiées à partir de 1730 ou 1735 (MOLL). Divers auteurs (TONIOLO, 1919; MEXIQUE, 1911) ont avancé des théories suivant lesquelles des navigateurs espagnols aux XVI^e ou XVII^e siècles, et même MAGELLAN en 1521 (NUNN, 1934), auraient été les premiers à apercevoir le Rocher. L'île serait ainsi la même que Medaños et San Pablo (Magellan). Du point de vue historique, ces débats sont très intéressants, mais en ce qui concerne la connaissance scientifique de l'île, ils importent peu, car il est peu probable que l'on vienne à trouver d'anciens récits qui nous décrivent l'atoll et son Rocher avant le XVIII^e siècle. Nos connaissances sur l'île, et sa longue bibliographie, commencent donc en l'année 1711. Le 3 avril, Vendredi Saint, deux petits bâtiments français, la *Princesse* et la *Découverte*, partis de Brest en 1708, rencontrèrent une île inconnue qui fut baptisée Ile de la Passion. Le capitaine de la *Découverte*, MICHEL DU BOCAGE, et un passager sur la *Princesse*, M. DE PRUDHOMME, ont laissé l'un son journal de bord, l'autre un journal intime, qui sont conservés aux Archives Nationales. Leur découverte a d'abord été mentionnée en 1725 (LA BARBINAIS LE GENTIL), et leurs récits publiés *in extenso* dans un rapport français (France, 1912, pp. 120-126). Dans son « Journal de Navigation », MICHEL DU BOCAGE nous décrit l'île comme étant « Un gros Rocher Escarpé et dentelé... sur la pointe Sud d'une Isle fort platte... ». Vue du nord-est : « De notre Costé Lisle était de Sable avec quelques Brussailles et Un arbre Secq Sur la pointe du N. E., Cedit Costé de Lest netoit qune Langue de terre fort Etroitte Le milieu de Lisle étoit Un grand Lacq qui se conduisoit d'Un bout a lautre de Lisle... » M. DE PRUDHOMME complète cette description : « Nous avons nommé cette Isle Lisle de la passion N'étant pas marqué Sur les cartes Et layant découverte hier Jour de la Passion de Nostre Seigneur Et nous la Rengeames a demy Lieües Sans Trouver de fons nous apersumes que Tout ce terrain plat Ne forme qune Lagoune; nous ne vimes au Cunnes aparences que Cette Isles put Estre habittee ny paroissant d'autre bois que quelques buissons fort bas Comme des Raquettes Et quelques arbres Sec Sur le bor de la mer Comme Si fust Esté les courans qui les y Eusse Jetées... » Les seuls animaux mentionnés sont des marsouins abondants. Il n'y a pas de doute possible, c'est bien l'île Clipperton qui est décrite ici. Les coordonnées correspondent bien aussi :

DU BOCAGE 10 d 28 m N, 263 d 50 m (ou 115° 23' W de Paris).

DE PRUDHOMME 10 d 18 a 19 mi N, 268 d 11 m (ou 110° 47' W de Paris).

Ile Clipperton 10° 18' N, 109° 13' W de Greenwich (111° 33' W de Paris).

Plus d'un siècle plus tard, c'est un voyageur américain, MORRELL (1832), qui nous décrit l'île telle qu'elle lui apparut en août 1825 : « It is low all around near the water, but a high rock rises in the centre, which may be seen at the distance of six leagues... »

A part un petit plan, d'ailleurs mal orienté, qui est mentionné par M. DE PRUDHOMME et reproduit dans le rapport français (1912), la première carte de Clipperton fut dressée par Sir EDWARD BELCHER, et publiée par l'Amirauté Britannique en 1849. En mai 1839, lors de la visite de BELCHER, l'île avait l'aspect suivant (BELCHER, 1843) : « a very dangerous low lagoon island, destitute of trees, with a high rock on its southern

edge, which may be mistaken for a sail... (The belt of land) literally constitutes two islands, formed by its two openings... »

Après quelques visites sans importance, un armateur français, M. LOCKART, demanda aux Affaires Etrangères de prendre possession de l'île, afin de faire profiter la France de ses réserves de phosphates. C'est ainsi qu'en 1858 le bâtiment de commerce *l'Amiral*, capitaine DETAILLE, arriva devant l'île. Le lieutenant VICTOR LE COAT DE KERVEGUEN prit possession de l'île pour le Second Empire le 17 novembre 1858. Ses manuscrits, dessins et cartes sont reproduits dans le rapport français (1912). La ceinture de corail était fermée, le lagon salé, il n'y avait pas de végétation mais des oiseaux de mer innombrables. LE COAT DE KERVEGUEN récolta quelques échantillons de phosphate, qui parurent trop pauvres pour justifier l'exploitation du gisement.

Un jeune américain, le lieutenant GRISWOLD, qui devait perdre la vie peu après pendant la guerre de Sécession, visita Clipperton en août 1861 (PEASE, 1868) et trouva l'île déserte, dépourvue de vie végétale mais riche en oiseaux de mer, l'anneau de corail fermé, le lagon plein d'eau douce et renfermant une plante aquatique qu'il récolta. Cette première collection botanique, envoyée à l'Académie des Sciences de Californie à San Francisco, fut perdue dans l'incendie qui détruisit l'Académie (et la ville) à la suite du tremblement de terre de 1906.

Nous ne savons pas exactement quand les réserves de phosphates furent découvertes. Elles étaient connues de M. LOCKART en 1857, et le voyage de GRISWOLD était un voyage d'exploration de gisements de phosphates. Toujours est-il qu'au début des années 90, probablement dès 1892, où FREDERIC W. PERMIEN fit plusieurs voyages à Clipperton pour reconnaître les gisements (ANON., 1897-1898), diverses sociétés s'intéressèrent à l'île et l'exploitation commença dès 1893, pour l'Oceanic Phosphate Company. La compagnie envoya deux hommes, JENSEN et HALL, reconnaître l'île et commencer la récolte du phosphate. Les observations de JENSEN et son excellent petit plan de l'île sont inclus dans un ouvrage d'AGASSIZ (1894, pp. 174-175), qui rapporte également le fait que JENSEN avait récolté un échantillon de la roche volcanique qui fut reconnue comme un trachyte. P. J. HENNIG, qui séjourna sur l'île en 1896-1897 (ANON., 1897), dressa une carte qui fut aussitôt publiée par la Marine américaine. Lorsque le bâtiment de guerre français, le *Duguay-Trouin*, arriva à Clipperton en novembre 1897, ce qui était la première visite française depuis 1858, il y découvrit un petit camp et 3 habitants qui hissèrent le pavillon américain. Tandis que la France protestait et que les Etats-Unis annonçaient qu'ils n'avaient aucune visée sur l'île, le Mexique entra en lice, et le *Duguay-Trouin* avait à peine levé l'ancre qu'une canonnière mexicaine, la *Demócrata*, arrivait devant l'île (13 décembre 1897).

Ainsi s'engagea un conflit diplomatique qui devait durer jusqu'en 1931, date à laquelle le roi VICTOR-EMMANUEL III d'Italie attribua Clipperton à la France. La France et le Mexique s'étaient mis d'accord pour accepter son arbitrage en 1909. A cette occasion, ces deux pays avaient publié des rapports historiques (Mexique, 1911; France, 1912), du plus haut intérêt. Le rapport français, en particulier, reproduit les textes qui décrivent l'île et comprend un résumé de grande valeur sur l'histoire connue et présumée de la découverte de l'île.

Pendant le conflit, le Mexique continuait à exploiter le phosphate par l'intermédiaire de diverses compagnies; à cette époque aussi, un certain nombre de naturalistes visitèrent l'île et firent des collections géologiques et zoologiques. Leurs travaux seront

discutés plus loin, mais nous pouvons citer : JOHN ARUNDEL en 1897 (WHARTON, 1898; GARMAN, 1899); SNODGRASS et HELLER en 1898 (1902); R. H. BECK en 1901 (BECK, 1907), et une expédition de la California Academy of Sciences en 1905 (SLEVIN, 1931). Marins et autres visiteurs de passage devaient ajouter des échantillons, en particulier des coquilles de mollusques, aux collections scientifiques. En 1906, un phare fut érigé au sommet du Rocher; puis, pendant la guerre de 1914-1918, l'île fut abandonnée dans des circonstances dramatiques et le silence retomba sur Clipperton. Alors qu'il existe un assez grand nombre de récits la décrivant entre 1893 et 1906, nous n'avons pas d'information pour la période 1917-1935. Le bâtiment de recherches *Velero III* (FRASER, 1943), arrivé devant Clipperton le 6 janvier 1934, ne put accoster, mais quelques collections furent obtenues par dragage à une petite distance de l'île. En janvier 1935, le croiseur-école *Jeanne-d'Arc*, après plusieurs visites infructueuses, revint à Clipperton et un groupe d'officiers et d'aspirants réussit à débarquer le 26 janvier. Une carte de l'île fut dressée, des photographies prises par l'hydravion du bord, des échantillons botaniques et pétrographiques récoltés (LACROIX, 1939; GAUTHIER, 1949). La *Jeanne-d'Arc* reprenait ainsi possession de l'île pour la France, et une plaque de bronze commémorant sa visite fut scellée sur la face est du rocher.

La visite suivante dont nous ayons connaissance fut celle, en juillet 1938, du Président ROOSEVELT, au cours d'une croisière sur le *USS Houston*. Le Docteur WALDO SCHMITT, du U. S. National Museum, qui accompagnait le Président en qualité de naturaliste, fit en quelques heures des collections d'un grand intérêt qui furent décrites dans une série d'articles (*Smithsonian Miscell. Coll.*, 1939-1942).

Pendant la seconde guerre mondiale, Clipperton fut, dit-on, visitée par des sous-marins japonais et, en 1943 et 1944, par des bâtiments de guerre américains et par les hydravions du célèbre pilote australien Captain Sir P. G. TAYLOR. En décembre 1944, une petite station météorologique fut établie, qui devait demeurer jusqu'en octobre 1945. C'est à cette occasion que s'échoua un grand bâtiment de transport (LST 563) dont l'épave rouillée et brisée était encore accrochée sur le récif en août 1958 (pl. II, fig. 5). A ces visites diverses, nous devons des documents fort utiles (BYRD, 1943; TAYLOR, 1948), récits, photographies, et en particulier photographies aériennes. Depuis la fin de la guerre, des bâtiments français ont visité l'île périodiquement (GOUA, 1952; BOURGAU, 1954), et lorsque le débarquement s'est révélé possible, des plaques commémoratives ont été scellées à la base du Rocher (*l'Annamate*, 1949; le *Commandant-Charcot*, 1951, la *Jeanne-d'Arc*, 1952; la *Moqueuse*, 1953; le *Dumont-d'Urville*, 1957).

Pendant les années 50, un certain nombre d'expéditions scientifiques firent des observations et collections à Clipperton : U. S. Navy Electronics Laboratory, mai 1952 (HERTLEIN et EMERSON, 1953), Scripps Institution of Oceanography, décembre 1954 et octobre 1956 (DAWSON, 1957; HERTLEIN et EMERSON, 1957) et U. S. Hydrographic Office, novembre 1957. Ce dernier groupe, dont le but était de déterminer la position exacte de l'île, était accompagné d'un officier de marine français et de M. A. OBERMÜLLER, géologue en chef de la France d'outre-mer. Ses observations géologiques sont décrites dans un mémoire abondamment illustré (OBERMÜLLER, 1959). En mai 1958 M. KLAWE de l'Inter-American Tropical Tuna Commission s'arrêta à Clipperton pendant quelques heures et récolta quelques plantes. Enfin, en août et septembre 1958, le groupe des naturalistes de Scripps Institution of Oceanography séjourna sur l'île, et fit des observations aussi complètes que possible sur la faune, la flore, la météorologie, etc. Ce

groupe comprenait un ornithologue, 2 entomologistes, 3 ichthyologistes et 4 biologistes-plongeurs étudiant la faune marine, 2 opérateurs de radio et moi-même comme botaniste. Comme les biologistes travaillant sur le récif et en mer étaient nombreux et mieux à même de le faire, ils étudièrent la flore marine. Mon travail concernait donc presque exclusivement la flore et les habitats terrestres et lagunaires, et ce mémoire concerne principalement la partie émergée de l'atoll, et son lagon. Pour le compléter, cependant, les aspects marins seront brièvement traités, principalement d'après la littérature et les observations de mes compagnons.

CLIMAT

Les conditions météorologiques à Clipperton sont fort mal connues, car des observations précises n'ont été effectuées que de janvier à octobre 1945 par la station météorologique de la Marine américaine alors en opération, et en août et septembre 1958 quand MM. LIMBAUGH et CHESS, du groupe de Scripps, ont fait des observations quotidiennes (cf. tableau I). Les données de la Marine américaine n'ont jamais été utilisées et n'ont pas pu être obtenues, les autres seront mentionnées ci-dessous. A part ces maigres données, et les observations sur le temps, faites en passant, par quelques voyageurs, et puisqu'il n'y a pas de station météorologique proche de Clipperton, seuls des ouvrages très généraux sur l'océan Pacifique peuvent renseigner sur le climat de Clipperton. Ces ouvrages sont basés sur les observations météorologiques récoltées par les navires, et comme Clipperton est à l'écart des routes maritimes, il est impossible d'en extraire une description précise du climat de l'atoll. On a utilisé ici surtout les cartes climatiques des océans préparées par le U. S. Weather Bureau (McDONALD, 1938) et l'U. S. Navy (1956).

L'île Clipperton a un climat océanique tropical avec de faibles variations de température, mais avec des précipitations et des tempêtes saisonnières, en relation avec l'activité cyclonique tropicale qui atteint un maximum dans le Pacifique nord-oriental en août, septembre et octobre. Pendant ces mois-là, les vents sont souvent du sud-ouest et sont probablement engendrés par des cyclones tropicaux qui passent au nord de l'île.

Température.

D'après les compilations les plus récentes (U. S. Navy, 1956), la moyenne mensuelle de la température de l'air ne descend jamais au-dessous de 26°7 C (80° F), et ce n'est qu'en juin qu'elle est égale ou supérieure à 27°8 (82° F). La moyenne trimestrielle des différences de température entre air et océan est environ de 0,5 à 2 degrés centigrades (1-3° F), l'air étant moins chaud que l'océan.

Pendant la période d'observation de août-septembre 1958, la plus basse température de l'air enregistrée était de 23°9 C (75° F) à 13 heures (heure locale, c'est-à-dire heure du 17° fuseau horaire, en retard de 7 heures sur l'heure de Greenwich), pendant

TABLEAU I (suite).

Quantième du mois (août 1958).												
Heure locale	09,00	21,00	09,00	09,00	21,00	09,00	21,00	07,00	10,00	08,00	11,00	31
Direction du vent	205-214	245-254	85-94	235-244	185-194	215-224	145-154	225-234	155-164	235-244	45-54	
Vent du	S-SW	W-SW	E	W-SW	S-SW	W-SW	S-SE	SW	S-SW	W-SW	NE	
Vitesse du vent (nœuds)	5	5	9	5	8	12	5	4	5	10	4	
Pression atmosph. en mb :	1010											
1009												
1008			×		×		×		×		×	
1007	×							×		×		
1006		×										
1005												
1004												
1003												

Quantième du mois (sept. 1958).												
Heure locale	07,00	05,00	07,00	17,00	06,00	08,00	09,00	06,00	07,00	08,00	10,00	23,00
Direction du vent	145-154	105-114	215-224	225-234	215-224	235-244	255-264	215-224	205-214	205-214	205-214	225-234
Vent du	S-SE	E-SE	SW	SW	SW	W-SW	W-SW	SW	S-SW	S-SW	S-SW	SW
Vitesse du vent (nœuds)	4	1	4	10	21	22	26	24	20	19	20	16
Pression atmosph. en mb :	1010											
1009												
1008												
1007												
1006							×			×	×	×
1005	×					×			×	×		
1004			×		×			×				
1003		×		×								

TABLEAU I (suite).

	14			15			16			17		
Quantième du mois (sept. 1958).	09,00	14,00		07,00	08,00	13,00	16,00	07,00	10,00	06,00	11,00	
Heure locale	265-274	235-244		225-234	195-204	235-244	205-214	215-224	225-234	225-234	205-214	
Direction du vent	W	W-SW		SW	S-SW	W-SW	S-SW	SW	SW	SW	S-SW	
Vent du	12	14		17	20	2	17	24	23	17	19	
Vitesse du vent (nœuds)												
Pression atmosph. en mb :	1010											
	1009											
	1008											
	1007											
	1006											
	1005	×				×			×			×
	1004			×				×		×		
	1003		×									
	1002						×					

ou juste après une tempête de pluie. La température enregistrée la plus élevée était de 30°6 C (87° F) à 13 heures aussi. Pendant les belles journées, il faisait très chaud au soleil, mais la température était toujours très supportable. On n'a pas enregistré les températures nocturnes, mais elles paraissaient n'être que légèrement inférieures aux températures diurnes (de 2 à 3 degrés C d'après un rapport inédit de la Marine). Un rapport inédit de la Station météorologique américaine donne les chiffres suivants : température entre janvier et mai entre 78° F (25,5° C) et 86° F (30° C) 3-4° F (1,5-2° C) de moins la nuit; 132° F (54,5° C) au soleil.

Pression atmosphérique.

L'île Clipperton se trouve dans la zone équatoriale de basses pressions et la pression atmosphérique y est toujours relativement basse, avec une variation annuelle faible, et probablement une variation diurne régulière mais peu importante par temps calme. Les stations météorologiques les plus proches et situées aussi près du niveau de la mer, sont celles du canal de Panama. A Colon (U. S. Hydrographic Office, 1948), la variation annuelle de la moyenne mensuelle n'est que de 2 mb, la moyenne la plus élevée est en février (1 011,18 mb) et la plus basse en juin (1 009,14 mb). A Cristobal, dans la même région de Panama, la moyenne annuelle des écarts journaliers est de 2,9 mb (3 mb d'octobre à mars et 2 mb de juin à août). Les pressions sont maxima à 10 heures et 22 heures (heure locale) et minima vers 4 et 16 heures. D'après les nom-

breuses observations de navires, les maxima sur l'océan à la latitude de 10° sont enregistrés à ces mêmes heures et l'écart journalier est de 2,8 mb. Les quelques observations faites à Clipperton (août-septembre 1958) indiquent que la variation diurne paraît suivre ce régime et a une amplitude d'environ 2 mb. Pendant la période d'observation (cf. tableau I), l'écart total des pressions enregistrées était de 8 mb (1 002 à 1 010). Les basses valeurs coïncidaient avec des périodes de mauvais temps et probablement d'activité cyclonique dans la région. On ne sait rien de précis sur la variation annuelle de la pression atmosphérique.

Vents.

Le régime des vents à Clipperton varie beaucoup au cours de l'année : En hiver, le vent dominant est l'alizé du nord-est, qui toutefois est loin d'avoir la constance qu'on observe dans des îles situées plus à l'ouest. En été, il y a un profond changement et les vents dominants, d'août à octobre, viennent du quart sud-ouest. Pendant cette période où les cyclones tropicaux dominent dans la région, les vents sont extrêmement variables, et peuvent changer très rapidement au cours de la journée. Le tableau II a été dressé d'après les données de l'atlas de McDONALD (1938). Les Pilot charts du Pacifique Nord-Oriental, publiées par le Hydrographic Office, contiennent des roses de fréquence des vents pour chaque carré de 5 degrés (ROUCH, 1950, p. 39), et on a reproduit dans la figure 3 celles de 12 cartes mensuelles récentes pour le carré de Clipperton.

Les observations de 1958 (voir tableau I) montrent une prédominance des vents du quart sud-ouest, principalement S-SW à SW en août et SW à W-SW en septembre, et suivent bien les généralisations de l'atlas de McDONALD (voir tableau II). Les vitesses enregistrées allaient jusqu'à 26 nœuds (48 km/heure), mais la plupart des observations faites en août indiquent une vitesse de 10 nœuds (18,5 km/h) ou moins, et en septembre la plupart des observations étaient au-dessous de 20 nœuds (37 km/h). Toutefois, en août tout au moins, les vitesses des vents les plus violents n'ont pas été mesurées. On n'a enregistré qu'une seule période de calme et, en fait, la constance des vents, quelle que soit leur direction, est un facteur important qui rend les conditions de vie sur l'île très supportables.

Les pluies étaient presque toujours amenées par les vents du sud-ouest; du Camp des Naturalistes, par exemple, on pouvait voir les sombres nuages amenant la pluie apparaître du côté opposé de l'atoll, envelopper les bosquets de cocotiers qui disparaissaient aussitôt, et traverser rapidement le lagon avant d'atteindre le côté est sur lequel s'abattait alors une pluie d'une soudaineté et d'une violence extraordinaires.

En octobre 1956 (LIMBAUGH, communication personnelle), les vents étaient généralement du sud-ouest, avec des vitesses atteignant 13 nœuds (24 km/h).

Pendant la première courte visite à Clipperton (à partir du 9 septembre 1944), du célèbre aviateur TAYLOR, le temps paraît avoir été assez beau, généralement clair et ensoleillé, et il en parle peu dans son livre (1948). Pendant son deuxième séjour (21 septembre-14 octobre), le temps fut bien plus mauvais, avec un cyclone pour couronner le tout (voir p. 18). Des vents violents venaient couramment du sud-ouest, avec des grains

TABLEAU II. — VENTS DU CARRÉ DE 5 DEGRÉS DE CLIPPERTON
D'après les atlas de McDONALD (1938) et de l'U. S. Navy (1956).

Mois de l'année	Direction dominante du vent, vent venant du quart :	Constance du vent dominant : 1. 25-40 % venant du quart ; 2. 41-60 % venant du quart ; 3. 61-80 % venant du quart ; 4. 81 % et plus venant du quart dominant.	% de fréquence de vents de vitesse Beaufort 3 ou moins (40 nœuds ou moins). D'après le Navy Atlas	Résultante calculée, vents venant du :	Résultante des vitesses des vents (1-4 dans l'échelle Beaufort)	Moyenne trimestrielle des vitesses des vents, en nœuds	% des observations indiquant temps calme	% des observations indiquant grand frais (gale) (Beaufort 7 et au-dessus)	% des observations indiquant petit coup de vent (fresh gale) (Beaufort 8 et au-dessus)	% des observations indiquant brume sèche (haze)
Décembre	NE	3	60	NE	1-2			Moins de 1.		
Janvier	NE	3	40	NE	2-3	10-12	1	Moins de 1.	Moins de 0,5 %.	Moins de 1.
Février	NE	2-3	Plus de 70.	NE	2-3			1-5		
Mars	NE	3	60	N	2-3			Moins de 1.		
Avril	NE	3	70-80	N	2-3	8	1-5	1	Moins de 0,5 %.	1-5
Mai	N	3	Plus de 70.	N-NE	1-2			Moins de 1.		
Juin	N	1	70-80	NW	0-1			1-5		
Juillet	NE	1	50	E ½ NE	1	8-10	1-5	1-5	1	1-5
Août	SW	2	60	SW	1-2			1-5		
Septembre	SW	1-2	40	W-SW	1			5		
Octobre	W	1	50	W ¼ NW	0-1	8-10	5-10	1-5	1	Moins de 1.
Novembre	NE	3	60-70	NE	1-2			Moins de 1.		

ayant des vitesses estimées jusqu'à 35 ou 45 nœuds (65 à 83 km/h), et des changements fréquents et brusques de la direction des vents.

Après avoir séjourné quelque temps sur l'île, TAYLOR pouvait résumer comme suit le régime des vents et du temps (p. 194) :

« D'après les observations faites depuis notre arrivée sur l'île, il semble qu'il existe un cycle assez régulier du temps, avec parfois une période du cycle prédominante.

« La deuxième fois, nous étions arrivés pendant la période de mauvais temps, quand le vent était du sud-ouest, et à un moment où ce type de temps était extrême, avec des conditions de tempête.

« Le vent tournant au nord-ouest, le temps s'améliorait, et après qu'il eût viré au nord, le

ciel était clair avec des cumulus épars, et le vent au sol faisait rarement plus de 15 nœuds (28 km/h). Un très beau temps, avec vents légers et peu de nuages, persistait plusieurs jours pendant que le vent virait par l'est jusqu'au sud puis au sud-ouest; alors des nuages élevés couvraient le ciel, tandis qu'en dessous les cumulus se transformaient en cumulo-nimbus avec éclairs et tempêtes, et le temps restait instable et mauvais jusqu'à ce que le vent vire de nouveau au nord. Ce cycle durait environ une semaine, et il y avait toujours des pluies venant du sud-ouest ou de l'ouest, avec parfois une averse due au développement local de cumulus pendant les périodes de beau temps. »

Cette série d'événements correspond bien aux trajectoires des cyclones qui s'observent communément dans la région de Clipperton, et est représentée dans la figure 2

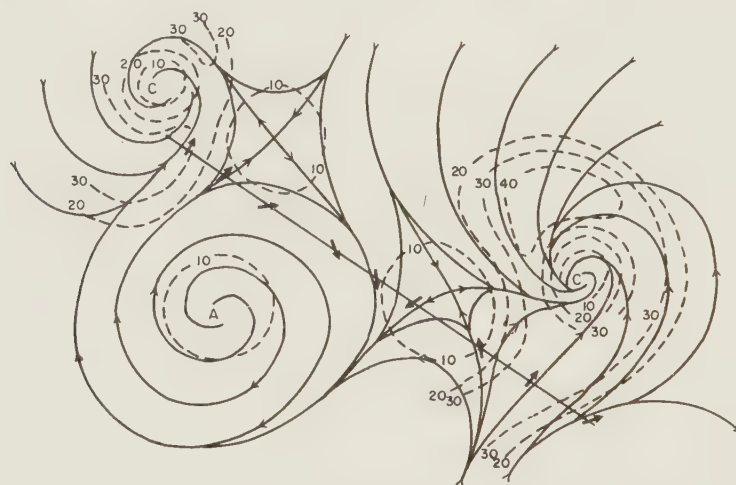


FIG. 2. — Représentation graphique des systèmes cycloniques à Clipperton, reconstituée d'après les observations de TAYLOR (1948).

Les courbes en trait plein représentent les lignes de courant du vent; les lignes en tirets sont les courbes d'égale vitesse du vent (isotachs), étalonnées de 10 en 10 nœuds. Les systèmes cycloniques (C, cyclone; A, anticyclone) se déplacent dans une direction NW ou W-NW et les positions successives de l'île par rapport à eux se trouvent sur la ligne droite. Les flèches sur cette droite, indiquent la direction, observée à l'île, des vents. Cette droite représente une longueur d'environ 1 500 milles (2 400 km). L'enchaînement commence en haut à gauche et se termine, une semaine plus tard, en bas à droite. Figure préparée par le Professeur RAMAGE.

préparée par le Professeur RAMAGE qui la décrit comme suit (communication personnelle, 1960) :

« Le cycle débute par un cyclone tropical (C) se déplaçant vers le NW ou le W-NW au nord de la station (Clipperton). Les vents virent à l'ouest et NW et le temps s'améliore pendant que la partie est d'une petite zone de hautes pressions (A) succède à la circulation de tempête au-dessus de la station. Les vents diminuent encore d'intensité et le temps reste beau pendant que la partie divergente d'un col barométrique précédant le prochain cyclone arrive à la station. Le cycle se complète lorsque s'établissent de forts vents convergents du sud-ouest associés au cyclone suivant. »

Cette reconstitution est aussi bien comparable aux séquences reconnaissables dans les observations météorologiques faites en 1958 (p. 20).

Tempêtes tropicales et cyclones.

Bien que moins nombreuses et moins destructives que dans les Antilles ou dans la mer de Chine, les tempêtes tropicales sont assez fréquentes dans le sud-est du Pacifique Nord, avec une moyenne annuelle de 6 tempêtes, dont 2 atteignent la force de cyclones (1). HURD (1929, p. 45; 1948) classe les tempêtes cycloniques de cette région en quatre catégories : 1° les tempêtes côtières, qui se dirigent parallèlement à la côte de l'Amérique centrale et du Mexique; 2° celles dont la trajectoire est perpendiculaire à la côte mexicaine; 3° les cyclones des îles Revillagigedo, et, 4° les cyclones qui se forment à l'ouest du 125° méridien, et qui n'ont pas à être envisagés ici. Les tempêtes de la première catégorie se forment quelque part au large de la côte d'Amérique, souvent dans le golfe de Tehuantepec ou au sud de celui-ci, ou même parfois dans le golfe de Darien (IVES, 1952). Elles se dirigent vers le nord-ouest dans une trajectoire parallèle à la côte; certaines virent vers le continent en traversant la côte du Mexique, d'autres pénètrent profondément dans le golfe de Californie; quelques-unes traversent l'Amérique et continuent leur course dans le golfe du Mexique; d'autres, au contraire, venues du golfe traversent vers le Pacifique. Les tempêtes de cette catégorie sont bien à l'est de Clipperton et ne l'affectent probablement jamais.

Les tempêtes de la deuxième catégorie se forment plus à l'ouest et se dirigent vers le nord-ouest. Celles de la troisième catégorie se déplacent vers l'W-NW et sont le plus souvent observées au nord du 15° parallèle. Certaines tempêtes, dans ces deux catégories peuvent se former dans la région de Clipperton ou passer non loin de l'île. Cette région du Pacifique est aussi affectée par des tempêtes qui n'entrent dans aucune de ces quatre catégories, par exemple celles qui ont une trajectoire d'est en ouest ou même un peu au sud de l'ouest.

La répartition des tempêtes tropicales au cours de l'année est saisonnière et la fréquence mensuelle pour le sud-est du Pacifique Nord est indiquée par VISHÉ (1925) :

Décembre à février.	1 % pour chaque mois.	Août	15 %
Mars à mai	0 »	Septembre	34 %
Juin	5 %	Octobre	24 %
Juillet	11 %	Novembre	5 %

Du fait que l'île Clipperton est à l'écart des routes maritimes, et n'a été habitée que de temps en temps et pour des périodes relativement très courtes, on a peu de renseignements historiques sur les tempêtes et les cyclones. Cependant, on peut supposer que certaines des tempêtes, qui sont signalées à l'ouest de 110° de longitude ouest et qui se déplacent vers le nord-ouest, se sont formées près de l'île ou ont passé non loin d'elle soit à l'état de tempêtes, soit plus rarement comme des cyclones déjà bien formés. Il faut considérer qu'une tempête n'a pas besoin de passer directement au-dessus

(1) Le même phénomène des tempêtes tropicales cycloniques est appelé typhon en Extrême-Orient, et cyclone dans l'océan Indien et le Pacifique. Ce dernier nom est assez mal choisi, car il semble indiquer que seules les tempêtes tropicales ont un caractère tourbillonnaire, alors que celles des latitudes plus élevées ont aussi des circulations cycloniques. Il existe aussi de nombreux termes locaux pour désigner les tempêtes tropicales. Dans les Antilles et dans la région orientale du Pacifique (donc à Clipperton), les auteurs de langue anglaise parlent de « hurricanes ». Comme l'équivalent français, ouragan, manque de précision, et malgré l'inconvénient du terme « cyclone » il sera utilisé ici.

de l'île, ou même d'avoir atteint son développement maximum, pour affecter un atoll qui s'élève de quelques mètres à peine au-dessus de la mer. Même des tempêtes qui se meuvent à plusieurs centaines de kilomètres peuvent engendrer des vagues assez hautes pour battre les côtes de l'île ou inonder ses parties basses.

Les tempêtes signalées au cours des temps dans la région sud-est du Pacifique Nord sont énumérées par REDFIELD (1856), la Deutsche Seewarte (1895), VISHNER (1922, 1925) et HURD (1929, 1948). Depuis quelques années, les tempêtes de cette région sont citées par le U. S. Weather Bureau dans le National Summary of Climatological Data et dans le Mariners Weather Log, et par le U. S. Hydrographic Office sur les Pilot charts

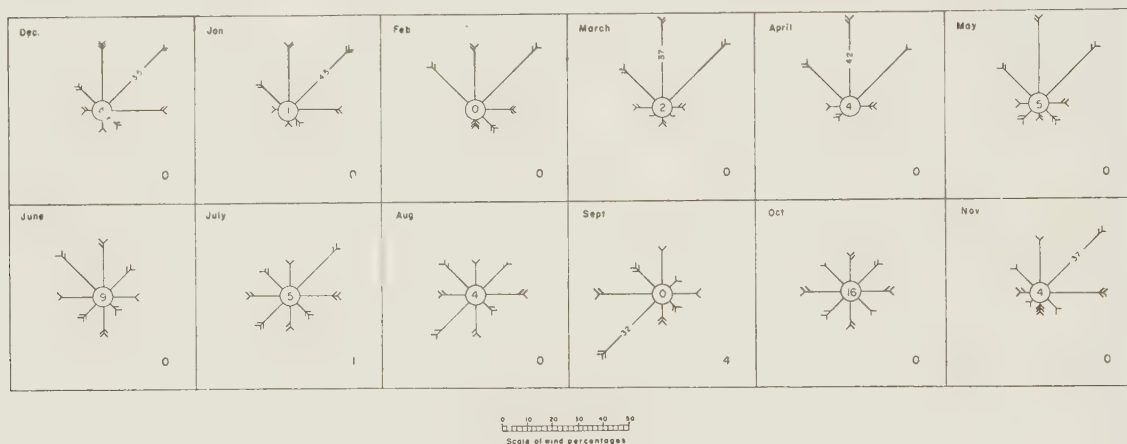


FIG. 3. — Roses des fréquences des vents pour le carré des 5 degrés de Clipperton (10-15° N, 105-110° W), d'après les Pilot Charts.

Les pourcentages des vents sont répartis en 16 rhumbs. Les flèches sont dans le sens où souffle le vent. La longueur de la flèche, mesurée à partir du petit cercle central et comparée à l'échelle des pourcentages, représente le pourcentage du nombre total des observations où le vent a soufflé dans la direction donnée, ou une direction toute proche. Dans certains cas, on n'a pas pu donner à la flèche la longueur totale requise, faute de place; dans ce cas, la ligne a été interrompue et, dans le blanc ainsi réservé, on a inscrit le pourcentage total, en chiffres. Le nombre des barbulles des flèches indique la force du vent selon l'échelle de Beaufort. Le chiffre dans le petit cercle central donne le pourcentage des calmes, et des vents légers et variables. Le chiffre dans l'angle inférieur droit donne, pour le mois, le pourcentage des observations de navires signalant des coups de vent.

mensuelles. On a extrait de ces énumérations la liste suivante des tempêtes qui ont pu passer assez près de Clipperton pour que l'île se ressente de leurs effets, ou ont pu se former dans son voisinage. Celles qui sont marquées d'un astérisque ont été signalées très près de l'île ou ressenties sur l'île.

La description, par TAYLOR (1948, pp. 224-254), du cyclone d'octobre 1944 est la seule qu'on ait d'un témoin oculaire. Elle est résumée ci-dessous :

12 octobre 1944. Peu après l'aube, bonne brise venant du nord, ciel sombre, très couvert, nimbus cachant le sommet des cumulus avec des nuages se mouvant rapidement en dessous. L'altimètre de l'hydravion, ramené à l'altitude 0, donnait 29,95 pouces (1.010,8 mb), pression relativement basse par rapport à celles des jours précédents, mais pas inférieure. A l'heure du petit déjeuner, les coups de vent frais soufflant sur le lagon s'étaient transformés en grains, le vent virant tandis que sa force augmentait et atteignait bientôt 50 nœuds (93 km/h). La pluie

Date	Point d'observation	Référence	Bâtiment observateur, et notes
1849, 21-22 juin.	15° 55' N 116° 16' W	REDFIELD.	<i>Sylph.</i>
1850, 5 août.	14° 20' 117°	»	<i>Como</i> ; vents N, W, S.
1850, 3-4 octobre.	13° 30' 116° 50'	»	<i>Amazon</i> ; vents SW, SE, E, N, W, et de nouveau SW.
1852, 16-19 juillet.	15° 115°	»	<i>Panama et Empire.</i>
1852, juillet.	13° 112°	D. SEEWARTE.	(Même tempête que ci-dessus ?).
1855, 8-9 août.	15° 116° 31'	REDFIELD.	<i>Gertrude Maria</i> ; vents NE, N-NW, W-NW, W, SW.
*1857, 20 juin.	11° 110°	D. SEEWARTE.	<i>Seamans Bride</i> ; tempête en formation.
1858, 17 août.	13° 115°	»	<i>Gellert</i> ; vents E, N, W, S.
*1865, 25 juillet.	10° 109°	»	<i>Zanzibar.</i>
1871, 3 juillet.	16° 117°	»	<i>Shelehoff.</i>
1882, 31 juillet.	13° 118°	»	<i>Dora et Adelaïde.</i>
1891, 7 août.	11° 107°	»	<i>Dorothea.</i>
*1895, 29 sept.-1 ^{er} oct.	9° 112°	HURD, 1929.	« Un bâtiment à l'ancre (à Clipperton) essuya de fortes rafales venant du sud-ouest le 29. »
1899, 27-31 août.	14° N 112° W	HURD, 1929.	
*1910, 8-11 septembre.	10° 37' 109° 46'	HURD, 1948.	
1913, 23 août.	17° 49' 121° 22'	VISHER, 1925.	<i>Robert Searles.</i>
*1915, juin.	Clipperton.	MORRIS, 1934.	Tempête qui détruisit le camp mexicain.
1915, 4-5 septembre.	15° 40' 109° 40'	KIMBALL, 1915.	<i>Calliope.</i>
1922, 31 juillet.	14° 118°	VISHER, 1925.	
1922, 9-10 septembre.	16° 12' 113° 44'	VISHER, 1925 et HURD, 1948.	<i>Bessemer City.</i> Un cyclone très intense et de très grande taille.
1922, 13-16 octobre.	15° 110°	HURD, 1948.	
1928, 15-16 octobre.	16° 34' 113° 29'	»	
1936, 27-29 octobre.	12° 106°	»	
1940, 22-24 septembre.	14° 110°	»	
1940, 6-11 octobre.	12° 110°	»	
*1944, 12 octobre.	Clipperton.	TAYLOR, 1948.	Voir ci-dessous, p. 21.
1955, 5-8 juin.	14° 5 111° 1	<i>N'al Summary.</i>	<i>Hawaiian Citizen</i> ; tempête se dirigeant vers le N.
1955, 7-10 juin.	11° 4 107° 4	»	<i>Hawaiian Fisherman</i> ; centre repéré à 11° 5 et 109° 7, se dirigeant vers le NW.
1956, 17-19 mai.	14° 111°	»	<i>Arapahæ</i> ; centre estimé à 13° 7, 111° 6, se dirigeant vers l'W.
*1957, 14-26 juillet.	10° 3 109° 5	<i>N'al Summary et Mariners Weather Log, mars 1958.</i>	<i>Gravel Park</i> ; tempête se dirigeant vers l'W puis W-NW.
*1957-1958.	Clipperton.	Visites de 1957 et 1958.	Végétation détruite et couche de gravier déposée sur la partie NE de l'île, cf. pp. 68-70 et pl. IV et V, fig. 14 et 15. Aucune des tempêtes signalées (<i>Mariners Weather Log</i> , 1958) ne paraît correspondre à celle que l'île a dû essuyer entre novembre 1957 et mai 1958. Il est bien dommage que l'on ne puisse identifier cette tempête. Evidemment c'était peut-être une perturbation locale ou relativement faible, et qui a pu se produire à un moment où les marées pouvaient intensifier l'effet de ses vagues de tempête.

Date	Point d'observation	Référence	Bâtiment observateur, et notes
*1958.	Clipperton.	Visite de 1958.	Pendant l'étude de l'île en août-septembre, le temps était souvent mauvais, avec une tempête à la mi-septembre. Le 17 septembre (LIMBAUGH, ined.) on pouvait en observer les effets sur la côte SW: le rivage avait été affouillé, beaucoup de gravier arraché et redéposé au coin NW, et du beach-rock dénudé, qui était auparavant recouvert de sable. Les observations météorologiques d'août-septembre (cf. tableau I) permettent aussi de retrouver l'origine de tempêtes observées ailleurs plus tard. Les reconstitutions qui suivent ont été faites par le Professeur RAMAGE (lettre, 1960) : « Une dépression ou tempête tropicale se dirigeait vers l'W-NW, le centre passant juste au nord de la station (Clipperton). C'est presque sûrement la tempête qui fut repérée en premier lieu quand le bâtiment <i>Hawaiian Tourist</i> signala un vent du NE à 45 nœuds par 17°8 N et 120°7 W à 18 h 00 G. M. T., le 12. » « Une petite dépression ou tempête tropicale passa juste au nord de la station allant vers l'W. » « Le centre d'une petite tempête tropicale passa au-dessus de la station de SE en NW, puis s'intensifia peut-être non loin au NW. » « Une dépression paraît s'être développée et lentement intensifiée dans la région de Clipperton, passant finalement au N de la station, le 3. Elle continua à se diriger vers le N puis le NW et fût repérée en premier lieu lorsque les vents à l'île de Roca Partida (19° N, 112° W) s'intensifièrent jusqu'à 40 nœuds du SE à 12 h 00 G. M. T., le 6. A ce moment-là, ou peu après, des vents de plus de 100 nœuds s'étaient formés près du centre de la tempête. » (Les tempêtes mentionnées en (a) et (b) sont décrites dans le numéro de mars 1959 de <i>Mariners Weather Log</i>.)
(a) 8 août.			
(b) 11 août.			
(c) 17-25 août.			
(d) 27 août-3 sept.			
1959.	Clipperton.		Aucune des tempêtes signalées pour 1959 dans <i>Mariners Weather Log</i> , mars 1960, ne paraît avoir touché Clipperton.
1960.	Clipperton.		Aucune des tempêtes signalées pour 1960 dans <i>Mariners Weather Log</i> , mars 1961, ne paraît avoir touché Clipperton.
1961, 10 juillet.	16° N 113° W	<i>Mariners Weather Log</i> , septembre 1961.	Tempête « Joanne », allant vers l'W; vents au centre le 11, 60 nœuds.
14 juillet.	17° 107°	»	Cyclone « Kathleen », allant vers le NW; vents au centre jusqu'à 70 nœuds.
15 juillet.	19° 109°	»	« Kathleen ».

Date	Point d'observation		Référence	Bâtiment observateur, et notes
16 juillet.	16°	112°	<i>Mariners Weather Log</i> , septembre 1961.	« Kathleen », allant vers l'W; vents au centre 60 nœuds.
14 juillet.	14°	97°	»	Cyclone « Liza », vents au centre 70 nœuds.
15-18 juillet.	à 20°	118°	»	« Liza », allant vers l'W-NW; vents au centre 50-60 nœuds.
20 juillet.	15°	109°	»	Tempête « Madeline » (cf. p. 25), allant vers l'W; vents au centre 55 nœuds.
1961, 4-5 août.	18°	115-120°	<i>Mariners Weather Log</i> , mars 1962.	Tempête « Naomi », vents au centre 30-50 nœuds.
1961, 6-8 septembre.	17° à 22°	110° 114°	»	Tempête « Orla », allant vers le NW; vents au centre 60 nœuds.

éclata en torrents aveuglants, inondant le camp. Le grain passa mais le vent s'affermir et devint constant, et, une heure après l'arrivée à terre pour le déjeuner, il ne restait presque plus rien du camp (ce camp se trouvait sur la côte ouest du lagon, juste au nord de la Pince Nord). Soudain, la force du vent diminua jusqu'à 30 nœuds (56 km/h), mais peu après il vira à l'est et empira. Une demi-heure plus tard, le vent mollit de nouveau légèrement, mais il vira bientôt plus au sud et redevint plus violent. « Environ deux heures après les premiers grains, le vent vira plus près du sud... Le Rocher était invisible et le lagon se précipitait vers nous en un mur d'eau comme fait d'innombrables jets d'eau, allant d'une rive à l'autre et ne laissant plus de démarcation entre ciel et lagon. Vision fantastique... » Le vent soufflait toujours avec la force d'un ouragan, entre 80 et 100 nœuds (148 à 185 km/h). Un peu avant midi, il tourna au sud et les vagues du lagon diminuèrent légèrement, mais le danger s'accrût du côté de l'océan. Dans le bosquet de cocotiers : « les têtes des palmiers se renversaient, les frondes flottant dans le vent comme les cheveux d'une jeune fille. Les palmiers les plus hauts se courbaient comme des arcs bien tendus, à un point tel qu'ils semblaient devoir se rompre l'échine. Leurs frondes paraissaient ruisseler dans la rafale d'air... Et voilà qu'au lieu d'un horizon noir de nuages contre le bord plat de la bande de terre, c'était un déluge blanc et froid de brisants qu'on voyait au-dessus de la terre, rugissant vers l'île... Déjà il n'y avait plus que le récif pour arrêter les lames qui étaient plus hautes que la terre. » Si le cyclone avait dû tourner au sud-ouest, l'océan aurait inondé la bande de terre, là où se trouvait le camp. Deux hommes essayèrent d'atteindre les cocotiers distants de 200 m, en allant d'abord vers l'océan, puis en cherchant un passage un peu abrité le long de la pente externe de la levée de corail, mais la mer était déjà trop haute et montait toujours. « Elle rugissait à moins de 2 pieds en dessous du sommet de la levée. Le flot s'insinuait par-dessus en petits ruisseaux à travers les pierres du sommet... Maintenant, il n'y avait plus de lames qui se brisassent sur le récif, car l'océan tout entier se précipitait en un flot rugissant comme pour agripper l'île. » Les cochons et les oiseaux de mer s'étaient réfugiés parmi les cocotiers.

Vers 15 heures, le ciel s'éclaircit nettement, le vent mollit légèrement, puis diminua sensiblement quelques minutes plus tard. D'après l'altimètre de l'hydravion, la pression atmosphérique remontait. A 17 heures, le vent était tombé à 40 nœuds (74 km/h) et, à la nuit, mollit jusqu'à 30 (56 km/h). Le lendemain, le temps était ensoleillé, avec quelques averses et une légère brise venant du sud.

Deux hydravions Catalina étaient amarrés dans le lagon pendant la tempête, et y survécurent de justesse. Le 14 octobre, par beau temps et léger vent du sud, le capitaine TAYLOR s'envolait vers les îles Marquises et Bora Bora.

Précipitations.

La côte ouest de l'Amérique Centrale, et la région du Pacifique entre elle et Clipperton, ont un régime de précipitations saisonnier avec une saison relativement sèche de décembre ou janvier à avril ou mai. Apparemment, le même régime s'étend vers l'ouest jusqu'à Clipperton. Les Instructions nautiques (France, 1956) notent l'existence d'une saison « sèche » de décembre à mai, mais ne donnent aucune précision sur l'intensité de la sécheresse. Il est probable que cette information est fondée, en partie du moins, sur les observations des exploitants de phosphate qui vécurent sur l'île pendant les dernières années du XIX^e siècle et les premières années du XX^e, car on la trouvait déjà dans l'édition de 1902 des Instructions américaines (Sailing Directions).

D'octobre 1896 à août 1897, un des « gardiens » de l'île était P. J. HENNIG, Master Mariner; il releva un plan de Clipperton et, à son retour aux Etats-Unis, l'adressa à l'Hydrographic Office, qui l'utilisa pour l'édition de 1897 de son plan n° 1680. La lettre qui accompagnait ce plan se trouve dans les collections des National Archives. Pendant son séjour, HENNIG prit des notes sur le temps, et il aurait (ANON., 1897) expédié ces notes avec sa carte. Il est vraisemblable que ces notes ont été utilisées pour l'édition de 1902 des Instructions américaines. Je ne les ai pas retrouvées, mais un article de journal (ANON., 1897) en cite quelques extraits dont voici les plus importants :

« En octobre, pluies presque journalières, avec des vents du sud ou du sud-ouest. Il plut presque autant en novembre avec plusieurs violents orages et quelques grains forts. Décembre fut chaud et étouffant avec de nombreux jours de pluie. En janvier, peu de pluie et temps chaud. L'adjectif « agréable » revient souvent dans les notes sur février. De violents orages furent de nouveau signalés en mars, avril et mai... Du début de novembre jusqu'en juin, les vents d'est et du nord dominèrent; puis les vents du sud et sud-ouest revinrent. Juin et juillet furent chauds avec pluies et grains de temps en temps. »

En outre, le journal inédit de JOHN ARUNDEL pour juillet-août 1897 (dont j'ai eu connaissance grâce au Professeur H. E. MAUDE, et qui est cité ici avec l'autorisation de M^{me} SYDNEY ARIS), mentionne cette observation d'un des ouvriers : « Il dit qu'il pleut ici presque tous les jours. D'une manière générale, les hivers sont les plus secs, bien qu'un mois sans pluie soit inconnu à quelque saison que ce soit. Pendant la saison sèche d'hiver, l'alizé du nord-est est le vent dominant. »

Les seuls renseignements récents qu'on ait sur cette saison « sèche » sont indirects : la végétation de Clipperton, en août 1958, paraissait se remettre des effets d'une période de sécheresse : beaucoup de plantes montraient des branches mortes avec de nouvelles pousses. En mai 1958 (KLAWE, lettre), l'aspect desséché des plantes était encore plus frappant. Le fait le plus significatif est l'existence des « troncs » ligneux (cf. p. 78 et SACHET, 1962) formés par le liseron de plage *Ipomoea pes-caprae*, qui suggère que les branches de la liane meurent pendant une saison défavorable, et que les réserves du « tronc » élargi permettent à la plante de subsister en vie ralentie. Il faut néanmoins ne pas perdre de vue le fait que dans le cas d'un substratum extrêmement poreux, comme on en trouve généralement dans les îles de corail, un effet de sécheresse peut se

produire même avec des précipitations totales assez élevées si celles-ci sont irrégulières. La saison « sèche » de Clipperton n'est certainement pas comparable aux sécheresses intenses des atolls déserts du Pacifique central où il peut ne pas tomber une goutte d'eau pendant des mois. Dans les atlas météorologiques (McDONALD, U. S. Navy), la saison plus sèche est indiquée par le nombre plus faible d'observations signalant de la pluie (cf. tableau III). De plus, les observations de pluie pendant l'hiver et le printemps

TABLEAU III. — PRÉCIPITATIONS POUR LE CARRÉ DE 5 DEGRÉS DE CLIPPERTON (d'après les atlas climatologiques).

Mois	% des observations signalant de la pluie (isogrammes du Navy atlas)	% des observations signalant une pluie persistante dans le carré (d'après l'atlas de McDonald)	% des observations signalant des orages dans le carré (d'après l'atlas de McDonald)
Décembre	Clipperton entre les isogrammes de 25 et 30 %.		
Janvier	Clipperton entre les isogrammes de 15 et 20 %.	5	1-5
Février	10		
Mars	5-10		
Avril	5-10	5	1-5
Mai	20		
Juin	25-30		
Juillet	Plus de 25.	10-15	5
Août	20-25		
Septembre	20-25		
Octobre	30-35	10	1-5
Novembre	25-30		

peuvent ne représenter que des averses légères, bien différentes des déluges de l'été. Toutefois, les mêmes atlas indiquent la présence, à l'ouest de Clipperton, d'une région océanique à très fortes précipitations. Dans le Navy Atlas, la courbe de 40 % d'observations indiquant de la pluie forme un ovale au sud-ouest de Clipperton, entre 5 et 9° N et 114 et 127° W. L'étendue et la position de cette ellipse change un peu au cours de l'année, et tandis qu'elle est entourée par la courbe de 40 % de novembre à février, elle est formée par les courbes de 30 ou 35 % pendant les autres mois. On ne sait rien de la hauteur des pluies correspondant à ces observations. Toutefois, MÖLLER (1951) a publié des cartes mondiales trimestrielles de précipitation qui sont en partie basées sur les données de fréquences des pluies de l'atlas de McDONALD, lesquelles sont semblables

à celles du Navy Atlas, mais basées sur un plus petit nombre d'observations toutes faites à midi (heure de Greenwich = 5 h à Clipperton). Correspondant à la région de fortes précipitations du Navy Atlas, l'isohyète de 400 mm, dans la carte de MÖLLER pour décembre-février, forme une large bande qui s'étend vers l'est jusque vers 97° W dans la zone entre 0° et 10° N. Clipperton se trouve à mi-chemin entre les lignes de 400 et 200 mm. Sur la carte de mars à mai, l'île se trouve encore entre ces 2 lignes; la langue de 400 mm dépasse à peine le méridien de 100° W, mais est plus large que précédemment. En juin-août, cette langue s'étend vers l'est jusque dans l'Atlantique, et Clipperton se trouve en son milieu. Pendant ce trimestre, d'après cette carte, le golfe de Panama reçoit plus de 600 mm de pluie et la région de l'isthme de Panama plus de 1 000 mm. Au dernier trimestre, l'isohyète de 400 mm s'étend toujours jusqu'à la côte Atlantique de l'Amérique Centrale, mais ne traverse le méridien de Clipperton qu'à une petite distance au nord de l'île, qui doit donc recevoir un peu plus de 400 mm pendant ce trimestre. Ces résultats de calculs théoriques ne peuvent évidemment pas renseigner exactement sur le régime et la hauteur des pluies, mais donnent une idée des tendances générales. L'île Clipperton se trouve donc entre une région de fortes précipitations s'étendant sur toute l'année, au sud-ouest, et, à l'est, une région de précipitations nettement saisonnières; elle garde sous une forme un peu atténuée le régime de cette dernière, avec moins de pluie en hiver et au printemps. Pendant cette période, les pluies « résultent probablement de la convergence continue des vents bas persistants, tandis qu'en été des dépressions ou tempêtes cycloniques paraissent en être la cause » (RAMAGE, communication personnelle).

En août et septembre 1958, bien que des mesures exactes n'aient pas été possibles, une boîte de conserve ordinaire placée dans un endroit dégagé permit de se faire une idée de la hauteur des précipitations pendant les violentes tempêtes de pluie accompagnant les grains du sud-ouest. On mesura de 125 à 150 mm de pluie pendant des périodes de 24 heures, et le total mesuré du 11 août au 17 septembre était de 890 mm. Il faut avoir voyagé dans la zone tropicale humide pour pouvoir se représenter ce genre de pluie. L'approche d'un nuage noir donne bien l'alerte, mais lorsqu'il commence à pleuvoir, c'est avec l'intensité maxima, et en deux secondes on est complètement trempé. On est hanté par la nécessité de protéger les films et les carnets de notes. Cette « pluie horizontale », amenée par les vents violents du sud-ouest, paraissait plus mouillante et plus capable de pénétrer sous les abris que la pluie ordinaire. Ces déluges pouvaient durer des heures. En octobre 1956, d'après LIMBAUGH (lettre), il pleuvait presque tous les jours, en fin d'après-midi ou en soirée. La hauteur des pluies était variable mais ne dépassait probablement jamais 25 mm par jour. Ces observations, les mesures faites par LIMBAUGH en 1958 et les notes de TAYLOR montrent que la hauteur annuelle des pluies à Clipperton est beaucoup plus élevée que les cartes de MÖLLER ne l'indiquent (environ $300 + 350 + 600 + 450 = 1\,700$ mm). Professor RAMAGE a donc suggéré une autre méthode indirecte de calcul théorique pour obtenir un total peut-être plus proche de la réalité.

« L'île Palmyra, un grain de corail situé par 5° 53' N et 162° 05' W, se trouve dans la partie ouest de la région océanique de fortes précipitations, qui atteint aussi Clipperton. Les mesures de la hauteur des pluies à Palmyra s'étendant sur 3 à 5 ans donnent une moyenne annuelle de 4 445 mm, sans changement sensible d'intensité avec les saisons. On peut supposer que l'intensité des pluies est la même pour Clipperton et que, pour les deux îles, la moyenne des précipitations est proportionnelle au nombre

des observations de navires citées dans le Navy atlas. D'après celui-ci, 19,7 % des observations de l'année à Palmyra, et 22,2 % à Clipperton, mentionnent de la pluie, on peut donc calculer théoriquement la hauteur annuelle des pluies à Clipperton comme étant : $\frac{4445 \times 22,2}{19,7} = 5\,020$ mm, et en distribuant cette valeur entre les mois au prorata du nombre des observations signalant de la pluie, on obtient la distribution mensuelle hypothétique suivante :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
347	192	211	186	404	539	501	484	427	631	559	539. »

Il faut cependant tenir compte du fait que la végétation de Palmyra et celle de Clipperton sont bien différentes, beaucoup plus que l'on ne pourrait s'y attendre en considérant seulement les chiffres ci-dessus, et que la fluctuation saisonnière des pluies qu'ils indiquent pour Clipperton n'est pas assez importante pour expliquer cette différence. Une corrélation étroite entre végétation et hauteur des pluies est difficile à établir quand il s'agit de flores si réduites, d'autant plus qu'il n'y a probablement jamais eu d'arbres indigènes à Clipperton. Il n'en demeure pas moins que la profonde différence entre les végétations des deux îles invite à n'utiliser les chiffres obtenus par le calcul théorique ci-dessus qu'avec circonspection.

Ce mémoire était prêt à mettre sous presse lorsqu'une source nouvelle d'observations météorologiques devint utilisable, sous forme de photographies prises par le satellite météorologique *Tiros III*. Les paragraphes suivants, qui décrivent le genre de données que l'on peut attendre de ce nouvel instrument, ont été préparés par M. LESTER F. HUBERT, Meteorological Satellite Laboratory, U. S. Weather Bureau.

« Les observations météorologiques faites à l'île Clipperton n'ont pas jusqu'à présent été suffisantes pour nous donner une idée exacte de sa climatologie. Un nombre restreint d'observations est particulièrement vulnérable dans cette région parce que, si plusieurs années successives peuvent montrer le même régime climatique, elles peuvent aussi être suivies par une année à temps tout différent. Ceci est dû au fait que l'île Clipperton se trouve à la limite de la zone sèche du Pacifique — une langue de climat désertique qui s'étend juste au nord de l'Equateur. Tous les 10 ans environ, pendant les années à El Niño (1), cette zone est perturbée, se déplace et devient plus pluvieuse.

« Le satellite météorologique nous donne maintenant le moyen d'obtenir des données qui permettent de connaître le régime des pluies et, en particulier, ces cas exceptionnels qui sont souvent plus importants que la « moyenne ». Les photographies prises par *Tiros III* ont déjà démontré leur valeur en découvrant et en suivant les perturbations cycloniques près de Clipperton. Elles montrent qu'il se trouve dans cette région beaucoup plus de tempêtes cycloniques que ne l'avait révélé le nombre très insuffisant d'observations météorologiques conventionnelles. Sur la photographie (pl. I, fig. 2) prise par *Tiros III* le 22 juillet 1961, d'une altitude d'environ 725 km, on distingue la sphéricité de la terre, le site approximatif de l'île Clipperton, et celui du cyclone « Madeline ». On pense que les bandes courbes brillantes de nuages produisent des pluies. Les mesures d'infra-rouge faites par le satellite permettent d'évaluer approximativement la hauteur des nuages, et de distinguer les nuages épais, producteurs de pluies, qui atteignent

(1) El Niño est un courant chaud, tropical, venant du nord, qui, pendant l'été austral, longe la côte nord de l'Amérique du Sud (Equateur, nord du Pérou) jusqu'à 6° S environ. A intervalles plus ou moins réguliers, il descend certaines années beaucoup plus loin vers le sud, écartant de la côte les eaux froides qui la baignent habituellement. Ce phénomène s'accompagne de perturbations atmosphériques très importantes, et en particulier de précipitations remarquables, qui peuvent intéresser des régions très vastes.

des altitudes de 4 500 à 5 500 m et plus, et qui peuvent même aller jusqu'à la tropopause, des nuages minces qui ne s'élèvent qu'à 1 200 ou 1 500 m et n'amènent généralement que des pluies insignifiantes. Pendant des années exceptionnelles (El Niño), on verra peut-être les perturbations (tempêtes cycloniques) passer au-dessus de l'île Clipperton. Nous pouvons donc dès maintenant accumuler des données météorologiques sur cette région de l'océan négligée jusqu'à présent. »

La photographie de « Madeline » (cf. p. 21) représente une situation cyclonique d'été typique pour cette partie du monde. L'orientation des bandes de nuages semble indiquer que les vents à Clipperton devaient venir du sud-ouest, ce qui est conforme aux données obtenues par les observations sur l'île (cf. pp. 14-16).

Humidité.

Comme on peut s'y attendre dans une région tropicale humide, l'humidité atmosphérique à Clipperton est très élevée. L'humidité relative minima obtenue en août-septembre 1958, par calcul d'après la différence entre le thermomètre sec et le thermomètre mouillé, était de 69. La plupart du temps elle était beaucoup plus élevée.

Nébulosité et visibilité.

Le Navy atlas présente les données sur la nébulosité au-dessus des océans, sur les cartes mensuelles, par deux séries de courbes; l'une représente le pourcentage de fréquence de cas où les nuages bas couvrent 6/10 ou plus de la voûte céleste, donc indiquant un ciel nuageux; l'autre représente le pourcentage de fréquence des cas où les nuages de toutes sortes couvrent 2/10 ou moins du ciel autrement dit, indiquant un ciel relativement clair. Si l'on étudie la position de Clipperton par rapport à ces courbes, on obtient, pour la première série (6/10 de nuages bas), les chiffres mensuels entre 20 et 30 % en novembre, d'environ 30 % pour le reste de l'année, mais approchant ou dépassant 40 % en juillet, septembre et octobre. La même étude pour la deuxième série de courbes (2/10 de nuages de toutes sortes) donne moins de 20 % de mai à décembre, et entre 20 et 30 % pour le reste de l'année. Les deux séries de courbes indiquent donc une nébulosité élevée pendant toute l'année, les mois d'été, d'avril à octobre, étant encore plus nuageux que ceux d'hiver.

D'après les 85 observations faites entre le 9 août et le 16 septembre 1958, on voit que le ciel était complètement couvert pendant plus des 3/4 du temps, et couvert à moitié ou moins, pendant moins de 1/5 du temps. Les nuages étaient le plus souvent des cumulus ou cumulo-nimbus, parfois stratus ou altostratus, avec des cirrus en altitude visibles quand la couche inférieure de nuages était discontinue. Les bases des masses nuageuses principales se trouvaient généralement entre 600 et 2 000 m d'altitude (évaluée). En dehors des tempêtes de pluie, la visibilité à Clipperton est en général toujours très bonne.

HYDROLOGIE MARINE

Courants.

L'île Clipperton se trouve dans une région du Pacifique où les courants marins sont variables. Dans l'est du Pacifique tropical, le courant Nord-Equatorial va d'est en ouest à peu près sous la latitude de 10° N. Le courant Sud-Equatorial va dans la même direction, au niveau de l'équateur, mais une grande partie de ses eaux déborde sur l'hémisphère Nord. Le contre-courant Equatorial se dirige d'ouest en est entre les deux précédents et se trouve toujours dans l'hémisphère Nord. La position exacte et l'intensité de ces courants varient avec les saisons. La connaissance des courants autour de l'île Clipperton à l'heure actuelle ne peut qu'être dérivée d'ouvrages généraux concernant la partie orientale du Pacifique et l'Amérique Centrale. Ceux-ci sont fondés sur les observations faites par les navires, et publiés pour leur usage (U. S. Hydrographic Office, 1947). Les données sur les courants sont résumées aussi par SCHOTT (1935, cartes 29 et 30). Pour Clipperton, même les observations de navires sont rares, car l'île est à l'écart des routes maritimes.

D'après SCHOTT, le courant Nord-Equatorial portant à l'ouest baigne l'île Clipperton pendant les mois d'hiver et, d'après M. MALONE du U. S. Hydrographic Office (lettre), sa vitesse est de 0,5 à 1 nœud (0,9 à 1,9 km à l'heure). A cette saison, le contre-courant Equatorial se trouve très au sud de l'île et, d'après certains auteurs, est faible ou même ne forme pas un courant vraiment bien défini.

Pendant les mois d'été, le contre-courant est mieux développé et, d'après MALONE (l. c.), l'île se trouve dans la zone de contact entre ce courant et le courant Nord-Equatorial. La carte de SCHOTT semblerait indiquer que le contre-courant lui-même passe toujours près de Clipperton en été, mais cette généralisation n'est probablement valable que certaines années. Pendant l'été 1958, le contre-courant avait 250 à 300 km de large (KNAUSS et PEPIN, 1959). Pendant l'Année Géophysique Internationale, on entreprit des études approfondies sur les courants océaniques, et en particulier sur ceux du Pacifique oriental. En fait, le but principal de l'Expédition Doldrums était l'étude du contre-courant Equatorial. Les résultats de ces travaux récents ne sont pas encore publiés, mais JOHN KNAUSS, qui dirigeait l'Expédition, considère (lettre) que le contre-courant passe la plupart du temps à environ 50 km au sud de Clipperton, ne se déplace probablement pas aussi loin vers le nord que ne l'indique la carte de SCHOTT, et n'atteint sans doute pas Clipperton tous les ans. Le contre-courant est irrégulier, et peut changer de direction ou de vitesse, ou même disparaître, très rapidement (KNAUSS, 1960).

Il ne s'agit ici que des courants de surface, car le rôle des courants profonds dans le transport des larves d'espèces littorales est sans doute minime. Ces courants ont évidemment une place très importante dans l'ensemble de la circulation des eaux océaniques. Dans le Pacifique tropical oriental le courant profond Equatorial, ou courant de Cromwell (KNAUSS, 1960), joue un rôle important pour le transport ouest-est. Il passe

sous l'équateur, en dessous du courant Sud-Equatorial, entre 50 et 200 m de profondeur (vitesse maxima vers 100 m de profondeur), et il est remarquablement stable par contraste avec le contre-courant de surface.

Outre les variations saisonnières des courants de surface, le système se complique probablement du fait de l'existence de courants transversaux entre le courant Nord-Equatorial et le contre-courant.

D'après M. MALONE, la résultante des courants variables pendant l'été montre une légère dominance de courants portant à l'est ou au nord-est, avec une vitesse égale ou inférieure à 0,5 nœud (0,9 km/h).

En ce qui concerne le transport de plantes ou d'animaux par les courants, il faut tenir compte du fait que, lorsque le contre-courant est bien développé, une grande partie de sa masse d'eau est réfléchie vers le nord-ouest quand elle atteint la côte d'Amérique centrale et repart vers l'ouest avec le courant Nord-Equatorial. On peut supposer que certains organismes d'origine Indo-Pacifique arrivent à Clipperton par cette voie indirecte plutôt que directement par un courant portant à l'est.

Vagues.

L'influence des vagues de divers types sur les îles océaniques, et en particulier sur les atolls coralliens, se manifeste de bien des manières. Par exemple, la croissance même du récif vivant varie avec l'intensité des déferlements, qui détermine l'oxygénation de l'eau de surface; l'érosion littorale, le transport et le dépôt de matériaux par les vagues sont des facteurs très importants dans la morphologie d'un atoll. L'influence inverse de la présence d'une île sur la houle est bien connue théoriquement et a été démontrée dans le cas de certaines îles (ARTHUR, 1951). Pour l'étude complète d'un atoll, la connaissance détaillée des vagues, et de leurs variations saisonnières, serait indispensable, mais il est généralement difficile d'obtenir l'information nécessaire. Dans des cas assez rares, les données sur les vagues ont pu être mises en corrélation avec la morphologie ou l'écologie d'un atoll (MUNK et SARGENT, 1954; GUILCHER, 1956).

A Clipperton, on ne sait pratiquement rien du régime des vagues et de leur influence sur l'atoll; et pourtant, outre les effets cités plus haut, les vagues y ont un rôle pratique très important, celui d'interdire l'abord de l'île la plupart du temps. Les Instructions Nautiques et les récits de visites à l'île sont remplis d'avertissements sur les dangers et les difficultés que l'on risque de rencontrer, et démontrent qu'il n'est souvent pas possible de débarquer : « La mer brise durement et continuellement sur le récif et parfois balaie l'île entière » (cette dernière remarque est exagérée, bien que les vagues de tempêtes puissent balayer toute la largeur de la bande de terre et déferler dans le lagon). Il arrive cependant que mer et vent soient calmes et qu'il soit possible de débarquer très facilement par-dessus le récif dans un canot. C'était le cas lorsque j'ai débarqué à Clipperton et lorsque j'en suis repartie. En général, du fait que la pente externe du récif est très raide, les vagues qui approchent de l'île rencontrent subitement une région très peu profonde, et déferlent avec une très grande violence parce qu'elles n'ont pas été amorties (cf. GUILCHER, 1954, pp. 9, 94).

GOUA (1952) considère que « 9 mois par an, l'île est battue par les houles du Sud-Ouest au Sud-Est, portant en plein sur toutes les côtes exposées au Sud et faisant le tour du récif pour venir déferler en énormes rouleaux sur la partie Nord de l'atoll ». Le débarquement est alors problématique et il faut attendre un jour favorable. « Aux mois de février, mars ou avril, l'alizé du Nord-Est descend assez bas en latitude pour que la houle du Sud s'atténue autour de l'île » et le débarquement est plus facile. Cette généralisation est un peu trop simplifiée.

A part ces remarques, et les quelques observations inédites faites du rivage par LIMBAUGH en 1958, on ne peut trouver de renseignements sur le régime des vagues à Clipperton qu'en se référant une fois de plus à des cartes générales, *Charts of seas and swells*, où les observations faites par les navires sont exprimées par des roses pour chaque carré de 5 degrés (U. S. Hydrographic Office, 1944). Les roses du carré de Clipperton (10-15° N, 105-110° W) sont rassemblées dans la figure 4. Les roses indiquent la direction et la force des « seas » et « swell ». On peut définir les « seas » (vagues de vent) comme étant des vagues assez hautes, qui se trouvent dans la région où elles se sont formées, et qui sont caractérisées par des pentes assez raides et des crêtes aiguës. Leur énergie augmente sous l'influence du vent. Les « swells », ou houle proprement dite, sont au contraire des vagues qui se sont éloignées de leur région d'origine et qui ont cessé de recevoir de l'énergie du vent. Leurs pentes sont moins fortes, leurs crêtes arrondies et leur période plus longue que celle des « seas ». La houle peu à peu perd de son énergie en se propageant à de très grandes distances, parfois des milliers de kilomètres, de la région où elle s'est formée.

Dans toute région océanique, les vagues forment un système très complexe qui résulte de vagues formées localement et de houles qui arrivent en même temps de plusieurs directions, avec des points d'origine différents. Les effets de leurs résultantes sur la morphologie des atolls sont donc très difficiles à reconnaître. A Clipperton, on peut seulement faire remarquer que les levées de corail, qui résultent du travail des vagues, se retrouvent presque tout autour de l'île, de même que les éperons et sillons du bord externe du récif, qui sont liés eux aussi à l'action des vagues (MUNK et SARGENT, 1954). Cette disposition est peut-être en relation avec la variabilité des vagues au cours de l'année révélée par les roses de la figure 4 (cf. p. 35).

Marées.

Comme il n'existe pas de données récentes sur les marées de Clipperton, je me suis adressée à M. MALONE, de l'U. S. Hydrographic Office, qui m'a envoyé le résumé ci-dessous :

« Les tables de prévision des marées anglaises ou américaines ne contiennent pas d'information sur les marées à l'île de Clipperton, ce qui indique l'absence d'observations valables. Les Instructions Nautiques américaines (H. O. 84) indiquent qu'à Clipperton la marée haute se produit 8 h 40 mn après chaque passage de la lune au méridien local, et que les marées de vive eau ont une amplitude de 1,30 m, alors que celles de morte eau en ont une de 0,80 m. La source de cette information est inconnue. Cependant si on extrapole à partir des données pour les régions avoisinantes, on voit que la haute mer à Clipperton devrait se produire de 8 à 9 heures après le passage de la lune au méridien local, et que l'amplitude moyenne des marées de vive eau devrait

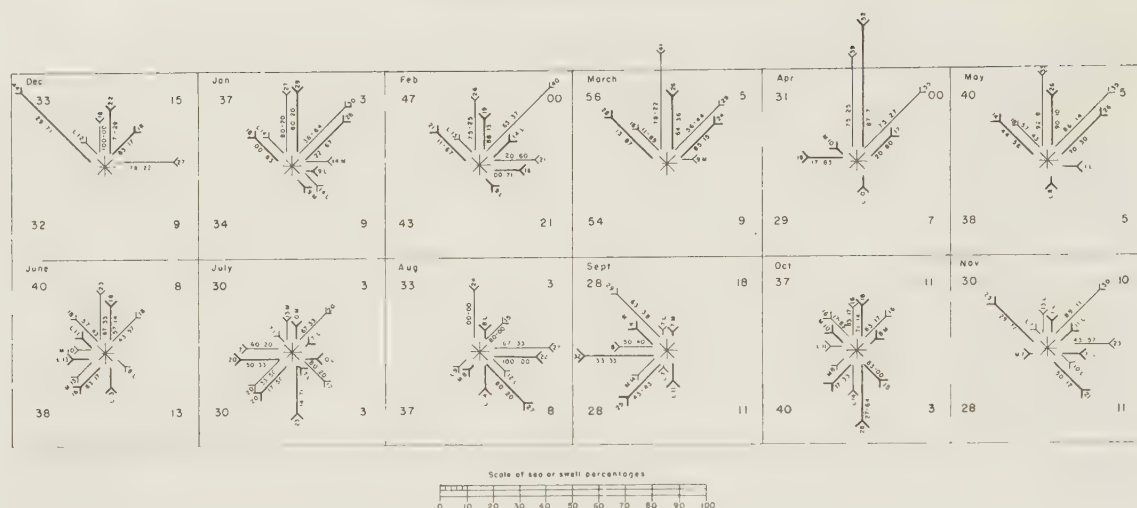


FIG. 4. — *Roses des fréquences des vagues (seas) et de la houle (swell) pour le carré de 5 degrés de Clipperton.*

Le nombre des observations de vagues est inscrit dans l'angle supérieur gauche, et le pourcentage de calmes parmi ces observations dans l'angle supérieur droit. Le nombre d'observations de houle se trouve dans l'angle inférieur gauche et le pourcentage de calmes parmi ces observations dans l'angle inférieur droit. Bien qu'elles soient indiquées sur les mêmes roses, les données sur les vagues et les houles résultent d'observations et de calculs indépendants.

Dans chaque rose, l'état des vagues est représenté par les lignes minces, celui des houles par les lignes épaisses. Lorsque le pourcentage d'observations d'une direction donnée est inférieur à 7, la flèche a été omise. Les flèches indiquent les directions vers lesquelles se dirigent les vagues et la houle. La longueur des flèches, mesurée à partir du centre de la rose et comparée à l'échelle des pourcentages ci-jointe, et le chiffre inscrit dans l'empennage de la flèche, indiquent le nombre de fois, pour chaque 100 observations, où les vagues ou la houle venaient de la direction indiquée, ou d'une direction voisine.

Lorsque le pourcentage d'une direction est 15 ou plus, les conditions sont indiquées le long du fût de la flèche en pourcentages de vagues ou houles faibles ou moyennes, le chiffre indiquant vagues ou houles faibles se trouvant toujours le plus près du centre de la rose. Le pourcentage de vagues ou houles fortes pour chaque direction s'obtient par soustraction. Lorsque le pourcentage d'observations d'une direction est inférieur à 15 mais supérieur à 6, les conditions pour cette direction sont indiquées par les lettres L, M ou H (pour Low, Mean ou High, indiquant une prédominance de vagues ou houles faibles, moyennes ou fortes), lettres placées près des chiffres indiquant le pourcentage d'observations de cette direction. Les caractères faibles, moyens ou forts des vagues et houles sont définis comme suit : vagues et houles faibles, celles de forces 1 et 2 ; vagues et houles moyennes, celles de forces 3 et 4 ; vagues et houles fortes, celles de force 5 et au-dessus.

être entre 0,90 et 1,20 m. Il semble donc que l'information contenue dans H. O. 84 soit assez exacte. Le courant de flot est indiqué comme portant à l'est et le jusant à l'ouest, mais les courants de marées sont probablement dominés ou masqués par les courants océaniques. »

Les données ci-dessus sur les marées se trouvent déjà indiquées sur la carte américaine de 1897 (H. O. Chart n° 1680), basée sur un levé fait en 1897 par P. J. HENNIG. Les courants de marée y sont indiqués par des flèches. Mais la légende de la carte ne dit pas si ces données résultent des observations de HENNIG, ou de HENNIG et d'autres observateurs, ou de calculs. A cette époque-là, de nombreux bâtiments se rendaient à Clipperton où l'on récoltait activement le phosphate.

En 1956, un groupe de naturalistes amenés par un bâtiment de la Scripps Institution installa un marégraphe enregistreur à Clipperton près de l'épave, mais il ne fonctionna que peu de temps et dut être enlevé. En 1958, son emplacement avait disparu, probablement à la suite de la tempête de 1957-1958.

Températures de l'océan.

SCHOTT (1935) indique les températures de surface dans ses cartes XX-XXIII, au moyen d'isothermes. Dans la région de Clipperton, la température de février est supérieure à 27° C, celle de mai supérieure à 28° C, celle d'août supérieure à 27° C et celle de novembre est 27° C.

AGASSIZ (1906) donne les températures de l'eau à des stations situées à quelque distance de Clipperton (cf. p. 32). A la station 4543, la température de surface était 26°4 C (79°5 F), la température au fond (à 2 058 fathoms, 3 775 m) 1°5 C (34°7 F). A la station 4544 température de surface 26°9 C (80° F), température au fond 1°1 C (34°4 F) à 1 955 fathoms (3 570 m).

Les résultats de l'expédition suédoise (cf. p. 32) comprennent aussi des chiffres sur la température de l'eau, et à la station 70 la température de surface était 26°93 C, alors qu'à 905 m de profondeur on avait 4°83 C (le fond était entre 3 690 et 3 860 m). Ces chiffres se trouvent dans un tableau d'analyses de l'eau de mer à différentes profondeurs (BRUNEAU et al., 1953, appendice, p. VII).

En août-septembre 1958, les températures extrêmes de l'eau de mer mesurées dans un seau d'eau rempli sur le récif étaient 26°1 C (19° F) à 9 heures, et 29°4 C (84°9 F) à 11 heures.

TOPOGRAPHIE SOUS-MARINE

Fond de l'océan, Clipperton Ridge.

La profondeur d'ensemble du Pacifique entre Clipperton et l'Amérique Centrale est de l'ordre de 3 700 à 3 800 mètres, exception faite de quelques bassins et fosses plus profonds allant (Middle America Trench) jusqu'à 5 500 m. La topographie de cette région est décrite en détail par MENARD et FISHER (1958). Ces auteurs décrivent aussi ce qu'ils ont appelé la Clipperton Fracture Zone, qui s'étend sur 5 300 km, entre les longitudes 96° et 127° W et au-delà, dans une direction générale est-ouest, et ils montrent pour la première fois que l'île Clipperton est un des sommets d'une dorsale qu'ils ont nommée Clipperton Ridge. Cette dorsale s'élève de 2 500 à 3 000 m au-dessus du fond et représente la zone de fracture entre 107° et 113° de longitude ouest. La dorsale, orientée généralement est-ouest, a environ 95 km de large et 530 km de long, et est longée au nord sur une partie de son étendue par un fossé étroit et profond. L'île Clipperton est le seul point de la dorsale qui atteigne la surface, mais il existe au moins deux autres pitons sous-marins, l'un au nord-ouest, l'autre au sud-est de l'atoll. Au N-NW de Clipperton, entre 13° et 15° de latitude nord, s'étend un autre complexe de montagnes et fossés sous-marins appelé Mathematicians Seamount Range. L'article de MENARD et FISHER est illustré de plusieurs cartes et de coupes, et se doit d'être consulté pour la description détaillée et l'interprétation générale de ces phénomènes.

Les explorations récentes montrent donc que l'île Clipperton fait partie d'une chaîne sous-marine est-ouest, mais est complètement indépendante d'autres terres émergées, en particulier du groupe d'îles le plus proche, les îles Revillagigedo, qui font partie d'un autre système, comme du continent américain.

On peut se faire quelque idée du caractère du fond de l'océan près de Clipperton d'après les observations faites par l'*Albatross* pendant sa croisière dans le Pacifique tropical de l'Est en 1904-1905 (AGASSIZ, 1906). Pendant le trajet du retour, l'*Albatross* passa juste à l'est de l'île, la visite projetée à Clipperton ne pouvant avoir lieu par suite de vents contraires. Les stations 4543 à 8° 52' 2" N et 108° 54' W, et 4544 à 10° 38' N et 106° 47' 6" W furent les plus proches de l'île. A la station 4543, l'échantillon ramené du fond était formé de matière argileuse rouge et de boue collante d'un brun chocolat foncé, avec peu de globigérines, beaucoup de petites particules noires de manganèse, peu de radiolaires, des spicules d'éponges, etc. A la station 4544, le fond était une boue collante d'un brun chocolat foncé, avec de nombreuses particules noires de manganèse.

Dans la discussion générale et dans la planche 3 (caractéristiques du fond), la région de Clipperton se trouve à la limite d'une zone située au sud et à l'ouest, où les nodules de manganèse sont très abondants, et d'une autre au nord-est, de boue brune et verte. La région de Clipperton se trouve au-delà de la limite Nord de l'aire des radiolaires, et très au nord de la région où les diatomées sont abondantes, laquelle zone correspond bien à celle des eaux froides du courant de Humboldt (cf. p. 6).

Plus récemment (1947-1948), une expédition océanographique suédoise (Swedish Deep-Sea Expedition) a exploré le Pacifique tropical oriental avec un autre *Albatross*, se livrant notamment à des sondages de plusieurs types, et ramenant des carottes de fond non loin de Clipperton (PETTERSSON, 1957, pp. 50, 117 et pl. I). Parmi les rapports scientifiques de l'expédition, celui d'ARRHENIUS (1952) décrit le fond de l'océan du Pacifique tropical oriental, en particulier dans la région de Clipperton (Station 70, 20 septembre 1947, carotte 47). A la suite d'études détaillées, ARRHENIUS reconnaît (pp. 189-190) certaines subdivisions de types de milieu dans le Pacifique équatorial de l'Est, qui sont représentées sur une carte incluse dans chaque partie de son travail (fig. 1.0, 2.0, etc.). L'île Clipperton se trouve dans le Faciès à carbonate Nord-Equatorial de la dorsale Est-Pacifique où la teneur des sédiments de surface en carbonate de calcium est comprise entre 50 et 75 % (carte, et fig. 1-1, 3-1, p. 14). La carotte 47 (9° 14' N, 109° 39' W) provient du sommet d'un piton sous-marin proche de Clipperton et est décrite en détail pages 133-136 et dans la planche 2-47. Cette carotte n'a pas fourni d'information très utile dans l'établissement de corrélations géologiques et paléobiologiques générales dans l'est du Pacifique tropical, mais elle présente un certain intérêt dans l'étude de Clipperton. ARRHENIUS résume comme suit son étude de la carotte 47 :

« La carotte 47 est formée par de la vase crayeuse (*Globigerina*) avec quelques couches de vase marneuse. Du fait de la topographie de la région avoisinante, de l'absence de stratification normale et de la composition faunistique, il est probable que l'ordre de succession est profondément influencé par des remaniements. Le matériel redéposé paraît être en partie originaire des eaux peu profondes. Ceci se comprend puisque la dorsale Est-Pacifique forme dans cette région de hauts pitons, dont certains s'élèvent jusqu'au-dessus, ou très près de la surface de la mer (île Clipperton, Germaine Bank). Le manganèse présent se trouve concentré en nodules macroscopiques dans une proportion plus élevée que d'habitude. Il en résulte que l'élément noir du dépôt est assez faible, et que la couleur générale est jaunâtre. »

Montagne sous-marine.

On ne sait rien de la montagne sur laquelle est perchée l'île Clipperton, en dehors de ce qu'en disent MENARD et FISHER (1958). Leur figure 3 montre que la courbe de niveau de 1 400 fathoms (2 560 m) entoure la base de la montagne de Clipperton et celle d'un autre piton au nord-ouest de cette dernière. La montagne de Clipperton est allongée dans une direction SE-NW, qui est aussi celle du grand axe de l'atoll qui la surmonte. D'après la même figure, l'atoll se trouve dans la partie sud-est du sommet du piton. Des observations fragmentaires avaient déjà suggéré cette dernière remarque : c'est ainsi qu'en 1942, le bâtiment américain *U. S. S. Atlanta* rapportait que la courbe de niveau de 500 fathoms (910 m) se trouvait à un mille du sud de l'île, et deux fois plus loin de la moitié Nord. L'existence de pitons sous-marins au N-NW a été aussi observée par l'expédition de 1957 du U. S. Hydrographic Office (OBERMÜLLER, 1959, p. 48).

Les pentes de la montagne suivent probablement les courbes asymptotiques généralement décrites pour les atolls, mais on ne sait rien de leur aspect, de leur relief ou de leur composition, car l'étude océanographique de la région n'a comporté ni dragages ni sondages sur les flancs de la montagne. Ce n'est que dans les îles Marshall que des montagnes sous-marines surmontées d'atolls ont été explorées en détail (EMERY et *al.*, 1954).

Partie supérieure des versants, terrasse.

La partie supérieure des versants de la montagne sous-marine a été explorée rapidement en 1958 par les biologistes munis de scaphandres autonomes (ALLISON, 1959 *a*, 1959 *b*, et communications personnelles). Le platier du récif se trouve dans la zone d'oscillation des marées et son bord externe descend en pente jusque vers 6 m, en formant le reef-front ou fore-slope des auteurs de langue anglaise. Cette pente externe est assez abrupte et est disséquée en sillons et éperons (grooves et spurs). Puis la pente s'adoucit et forme une surface, large de quelques centaines de mètres, s'étendant vers l'extérieur jusqu'à une profondeur de 12 à 18 m. C'est ce qu'on appelle la terrasse.

A Clipperton, cette terrasse a été reconnue tout autour de l'île par les plongeurs, mais sa largeur est variable, elle se rétrécit sur le côté nord de l'île, un peu à l'ouest du great sand wash du nord-est. Au bord externe de la terrasse, la pente redevient beaucoup plus forte, atteignant de 25 à 40 ou même 60°. Les plongeurs ont pu examiner ce versant abrupt jusqu'à une profondeur de 40-45 m. La surface en est très irrégulière, avec des sillons et des cavités entourant les têtes de corail et les blocs grossièrement empilés. En cassant le ciment mal consolidé qui lie certains blocs sur la pente, on peut les détacher et provoquer des éboulements. Les biologistes ont constaté que, bien que coraux et algues vivants se trouvent sur le reef-front et la terrasse, c'est au bord de cette dernière et sur la pente externe qui lui fait suite que les organismes sont les

plus abondants et les plus luxuriants. Ils ont estimé que cette partie de la pente sous-marine est couverte à 100 % de coraux vivants.

Il est bien regrettable que ces observations de grande valeur n'aient pas pu être étendues et complétées par des sondages et des dragages, et il faut espérer que ce genre d'études fera partie des explorations futures de l'île Clipperton. La découverte par les biologistes-plongeurs d'une terrasse sous-marine tout autour de l'île est du plus haut intérêt, car des terrasses peu profondes comparables ont été décrites et cartographiées à Bikini (EMERY et *al.*, 1954, p. 68 et pl. 68), à Eniwetok (*id.*, p. 95) et à Rongelap (pp. 109, 191, pl. 71). Les profondeurs moyennes de leurs bords extérieurs sont d'environ 14 m (Bikini), 12 m (Rongelap), ou plus (15 à 18 m) à Eniwetok, où la terrasse a reçu le nom de « 10-fathom terrace ». Ces terrasses de Bikini et Rongelap ont une largeur maxima de 360 m, celle d'Eniwetok peut atteindre 3 500 m là où le récif s'avance en promontoires. Une terrasse de 10 fathoms est mentionnée, mais non décrite en détail, à Raroia dans l'archipel des Tuamotu (NEWELL, 1956, pp. 334, 341), et se retrouve apparemment autour d'autres atolls tels qu'Ifaluk dans l'archipel des Carolines (BATES et ABBOTT, 1958, TRACEY et *al.*, 1961) et le long de récifs coralliens.

La répartition des organismes vivants, qui forment le récif sur les pentes extérieures dans les atolls des Marshall du Nord, est résumée par WELLS (1954, p. 398). On connaît mal les conditions de croissance sur le rebord supérieur (reef-front), mais les coraux y sont apparemment peu abondants, tandis qu'au-dessous de la terrasse, ils sont plus vigoureux et nombreux. Leur faible développement sur la terrasse est probablement lié au fait qu'elle constitue une région où s'amassent les produits d'érosion. TRACEY et *al.*, (1948) ont suggéré une telle explication pour Bikini. (Leur mémoire présente une photo aérienne où la terrasse se voit remarquablement bien.) On ne peut pas comparer en détail ces observations avec celles qui ont été effectuées à Clipperton, mais il est évident que les situations présentent des analogies.

DISCUSSION. — Dans les îles Marshall, la terrasse de 10 fathoms, qui se retrouve aussi le long des rivages des lagons, a été généralement interprétée comme représentant une ancienne surface d'érosion, formée au cours d'un épisode glaciaire pendant lequel le niveau de l'océan s'était abaissé, et sur laquelle un nouveau récif s'est développé pendant la période postglaciaire, quand l'océan se réchauffa et que son niveau remonta lentement. Une telle interprétation est confirmée par l'examen détaillé des carottes obtenues dans les sondages de l'îlot de Bikini, dans lesquelles les sections aux niveaux correspondant à celui de la terrasse contiennent des organismes d'eau peu profonde, dont certains se retrouvent en position de croissance, et indiquent un habitat de rivage de lagon ou de récif (EMERY et *al.*, 1954, pp. 215, 224, 257).

Récifs.

Dans un atoll-type, la partie supérieure, plane, de l'édifice calcaire qui coiffe la montagne volcanique sous-marine, constitue le récif. En général, celui-ci s'étend dans la zone d'oscillation des marées (zone intertidale), et c'est là que se manifestent les phénomènes dynamiques qui intéressent l'atoll : érosion et croissance. Dans la plupart

des atolls, le récif, s'il n'est pas circulaire, présente néanmoins une figure géométrique fermée, entourant un lagon. Le récif peut s'abaisser par places, formant des passes relativement peu profondes, mais, surtout dans les très grands atolls, il peut aussi être interrompu par des ouvertures larges et profondes. D'après LADD (1961), le fond des passes peu profondes est généralement au niveau de la terrasse sous-marine, et on peut considérer qu'elles représentent des points où la croissance postglaciaire du nouveau récif n'a pas eu lieu. Dans d'autres cas, le récif est de même hauteur tout autour de l'atoll, et, bien qu'il se fasse des échanges d'eau entre océan et lagon par-dessus le récif là où les îlots manquent, ces chenaux entre îlots sont très peu profonds et inutilisables par toute embarcation. Dans la plupart des atolls, la terre ferme prend la forme d'îlots, comme des monticules isolés alignés sur le récif. Ces îlots appartiennent à deux types principaux (FOSBERG et MACNEIL, 1956) : certains ne sont que de petits tas de matériaux détritiques empilés sur le récif, d'autres ont un noyau de conglomérat récifal formant un obstacle autour duquel les matériaux meubles sont venus s'entasser (TERCINIER, 1955, p. 98). De tels noyaux sont en général des formes d'érosion, vestiges d'une surface récifale plus élevée dont la plus grande partie a été arasée.

A Clipperton, il s'agit d'un récif continu, fermé, ovale, couronné d'une bande de terre émergée ininterrompue. Aucun des atolls fermés n'a été étudié en détail jusqu'ici, et les phénomènes qui contribuent à la formation des quelques atolls de ce type n'ont pas été examinés. Certains auteurs considèrent que ces atolls ont été exhausés, ce qui est exact dans certains cas, alors que, dans d'autres cas, les preuves d'un tel soulèvement font défaut. Les termes « soulèvement » et « exhaussement » sont employés ici pour indiquer un soulèvement réel, dû à un changement du fond de l'océan dans le voisinage de la montagne sous-marine, et non pas le changement d'altitude relative dû aux fluctuations du niveau de l'océan. Rien de ce qu'on a pu observer à Clipperton ne donne à penser que l'île ait été soulevée et que son anneau de terre continu soit dû à un tel exhaussement. A mon avis, on peut supposer que sa forme annulaire résulte peut-être de sa position dans l'océan. Les atolls les mieux connus, ceux du nord de l'archipel des Marshall, sont profondément asymétriques, un plan vertical les divisant en deux faces très différentes : la face sous le vent et la face au vent. Ce plan est perpendiculaire à la résultante de certains vecteurs : direction plus ou moins constante des vents, vagues et courants dominants. Cette asymétrie ne se manifeste pas tellement dans la forme générale des atolls que dans le caractère de leurs récifs : position des ouvertures, situation des îlots sur le récif, des régions de croissance maxima, etc., et autres détails morphologiques. On peut considérer, au contraire, que l'île Clipperton montre en gros une symétrie radiale du fait que les vents, vagues et courants dominants varient au cours de l'année, et ne forment pas le genre de « champ orienté » dans lequel se trouvent les atolls asymétriques des îles Marshall. Il se pourrait que cette explication s'applique à d'autres atolls avec anneau de terre continu, et j'en examinerai les possibilités d'application. Si elle est valable pour Clipperton, elle peut expliquer non seulement l'existence d'un ruban émergé continu, mais aussi certains traits qui différencient le récif de Clipperton des récifs d'atolls bien connus comme ceux des îles Marshall du nord.

Le platier du récif (pl. II, fig. 3-5; pl. IV, fig. 12) ceinture l'île Clipperton parallèlement à la côte, avec seulement quelques variations de largeur. Il atteint environ 130 m à l'angle sud de l'atoll, et s'amenuise le long du côté est, avec une largeur minima d'à

peu près 50 m. Pendant mon séjour à Clipperton, le récif restait presque toujours légèrement submergé à marée basse. Les coraux vivants ne peuvent supporter de longue émergence, mais des têtes de corail ou des algues massives restent parfois à découvert pendant de courtes périodes à marée basse. Je n'ai observé ce phénomène qu'une seule fois à Clipperton, mais il doit se produire aux marées de vive eau. La surface du récif, vers le rivage, est souvent couverte de sable, surtout en face des régions ensablées de l'île (sand washes). Des colonies de corail s'y rencontrent quelquefois. Vers l'océan, des coraux et des algues occupent la surface du platier. Le caractère le plus frappant du récif de Clipperton est qu'il n'y a pratiquement pas de crête d'algues (de algal ridge, « lithothamnion » ridge). Dans des atolls tels que les Marshall ou les Tuamotu, le bord externe du récif, du moins du côté au vent, se relève en une crête anfractueuse d'un rose vif formée d'algues calcaires massives. A marée basse cette crête se voit très bien, et est bordée du côté interne par un fossé d'eau un peu plus profonde qui la sépare du platier proprement dit. A Clipperton cette crête d'algues est peu développée et, vu de loin, le bord du récif n'est marqué que par les brisants. Toutefois, les biologistes qui travaillaient sur le récif ou plongeaient autour de l'atoll ont remarqué que le rebord externe du récif était légèrement relevé, avec des coraux vigoureux et surtout des algues qui sont ici les principaux organismes constructeurs. Les profonds sillons et éperons observés par les plongeurs sur la pente externe du récif et déjà mentionnés plus haut se prolongent horizontalement en travers du rebord du récif et y forment des entailles (surge channels). Sur les photographies aériennes de l'atoll, ces entailles se voient très bien et paraissent avoir à peu près la même importance tout autour de l'île. Dans d'autres atolls, ces entailles traversent la crête d'algues et forment des passages, souvent plafonnés en tunnels, entre les piliers et masses d'algues à croissance rapide, passages et tunnels qu'empruntent et les brisants pour inonder le platier, et le retour de vague. A Clipperton, les entailles traversent le rebord légèrement relevé du récif mais n'ont pas été étudiées en détail. La quantité plus grande de gaz dissous dans les eaux déferlantes est sans doute la cause de la croissance plus active au bord du récif, comme on l'a suggéré pour d'autres atolls.

A marée basse, on peut voir que le platier du récif de Clipperton est semé d'un grand nombre de blocs arrondis (pl. II et IV, fig. 3 et 12) qui ont probablement été arrachés à la pente du récif. D'après les observations d'ALLISON (lettre), certains d'entre eux représentent des espèces qui vivent au bord de la terrasse de 10 fathoms, et ont donc dû en être arrachés par les vagues de tempête. D'autres viennent probablement du rebord du platier. Ces blocs sont de taille variable, en général de moins d'un mètre de diamètre, ce qui est peu par comparaison avec ceux qu'on trouve sur d'autres atolls. Ils se rencontrent tout autour de l'île mais sont plus abondants et concentrés dans certaines régions, comme par exemple près du coin nord de l'île où ils forment un champ de blocs en face de la crête de galets du rivage. Les blocs sont colorés en brun ou vert vif par des algues, et de nombreux organismes vivent sur leurs bases, tels que des éponges, des foraminifères incrustants, des coraux, de nombreuses algues, des mollusques, avec des formes libres associées.

Lorsqu'un platier de récif découvre, ou presque, à marée basse, on peut y observer des formes d'érosion telles que rigoles, fentes ou cuvettes. Ces formes se voient mal à Clipperton, en partie parce que du côté du rivage le récif est le plus souvent couvert

de sable fin. Celui-ci ne forme généralement qu'une couche mince, quelquefois remplacée par des cailloux ou galets avec du sable dans les interstices. Ces dernières étendues se reconnaissent à distance par l'abondance des algues qui croissent sur les cailloux. Dans certaines régions, cependant, le récif est bordé vers le rivage de « beach rock » (conglomérat de plage) que l'on décrira plus loin, et celui-ci est quelquefois le siège d'une érosion très active et forme ce que l'on a appelé une plate-forme d'érosion. Une telle plate-forme (pl. II et III, fig. 5 et 9) se trouve le long de la côte nord-est de l'île : une plaque de beach rock, légèrement inclinée et large de quelques mètres, s'étend entre la plage et le récif et montre une surface polie et irrégulièrement alvéolée de cuvettes peu profondes, qui sont probablement le siège de phénomènes d'érosion chimique (corrosion) et mécanique (abrasion). Les cloisons entre les cuvettes ne sont pas aiguës et coupantes comme dans certains atolls, mais basses et arrondies. Les cuvettes peuvent se rejoindre en formant des gouttières peu profondes allongées dans le sens plage-récif. Du côté de la terre, la rampe longe la plage, et parfois du sable peut la recouvrir et la dissimuler. Du côté du récif, elle est couverte d'algues qui forment un feutrage brun ou une croûte orangée. Le long de la côte nord-est de l'atoll, des morceaux de la rampe, affouillés, brisés et détachés par les vagues de tempête ont été déplacés et reposent sur le sable de la plage (pl. II, fig. 6).

Dans certaines régions de l'atoll, il se trouve de petits témoins d'une rampe qui peuvent avoir été dérivés d'un récif ancien plutôt que de beach rock.

En principe, la surface du récif doit s'étendre vers le lagon sous les sédiments de l'île, mais je n'ai vu nulle part de formation qu'on puisse interpréter comme représentant un affleurement de cette surface. OBERMÜLLER (1959, p. 50) fait la même observation. Au bord du lagon, une pente douce et irrégulière d'un conglomérat forme quelquefois le fond sur une certaine distance; ce que j'ai pu voir de cette roche ne paraissait guère différent des conglomérats phosphatiques émergés, et nulle part elle ne suggérerait l'existence d'un platier de récif ou de beach rock de lagon. Le seul échantillon récolté sous l'eau (35), détaché d'une partie bossuée de la pente, était formé de débris coralliens liés par un ciment phosphaté (cf. p. 62).

MORPHOLOGIE DE L'ILE

Littoral.

PLAGES

Au-dessus du platier, souvent ourlé par du beach rock, l'île est entourée d'une plage de sable ou d'une grève de galets; le plus souvent c'est une étroite bande de sable fin, de couleur rosée, s'élevant en pente douce au-dessus des affleurements de beach rock (pl. II, fig. 3-5, pl. III, fig. 7). Au-delà se trouve une crête de morceaux de corail blanc, soit branchus et de taille égale, soit massifs et allant jusqu'à des blocs assez gros. Dans certaines régions, par exemple dans la partie sud-est de l'île, au sud du Crochet, la

plage de sable manque et la crête de corail s'élève en pente raide au-dessus du platier. Ailleurs, la plage est plus large et plus inclinée et forme toute la pente jusqu'à la crête de l'anneau de terre émergée.

En 1958, sur une étendue de 430 m le long de l'étroit côté nord-est de l'atoll, du sable avait été déposé en travers de toute la bande de terre émergée, de l'océan au lagon. La plage était bordée, vers l'océan, de plaques bien développées de beach rock et se prolongeait vers l'intérieur par une pente douce allant jusqu'au lagon. La rupture de pente était peu marquée, puisque le point le plus élevé avait moins d'un mètre au-dessus du niveau moyen (estimé) de la haute mer. C'est cette région que l'on a appelée le great sand wash (pl. IV et V, fig. 14 et 15). Le sable était coloré en vert, en surface et sur une profondeur d'un demi-centimètre, par des Cyanophycées. En dessous il était rose pâle. Des traînées transversales de cailloux s'étendaient entre océan et lagon, marquant sans doute la direction d'écoulement de l'eau. Des coquillages, des graines et des morceaux de ponce flottés avaient été transportés jusqu'au rivage du lagon, donnant la preuve que les vagues avaient déferlé par-dessus la bande de terre. Dans la partie du great sand wash la plus proche du lagon, deux gradins rocheux s'étendaient parallèlement au rivage. Leur replat était couvert de sable, mais leur bord libre, tourné vers le lagon, avait été affouillé, et formait un petit surplomb au-dessus d'un fossé de quelques centimètres de profondeur. Le fossé le plus proche du lagon était rempli d'eau où proliféraient des algues vertes.

D'autres sand washes, moins étendus, se trouvaient ailleurs sur l'atoll. Près de l'angle est le sable de la plage s'élevait jusqu'à la crête de l'île et s'étalait ensuite vers le lagon en pente très douce (environ 3°). Cette plage était particulièrement mobile; pendant mon séjour, elle formait un jour une pente d'environ 12° sur presque toute sa largeur, avec au-dessus un petit gradin de 30 à 50 cm de haut découpé dans le sable au niveau de la marée haute; un autre jour, ce gradin avait disparu et la plage s'élevait régulièrement entre l'océan et la rupture de pente marquant le bord de la terre ferme. Au sud-est, le long de la Baie du Rocher, le sable débordait aussi de la plage sur la pente douce menant au lagon (pl. VII, fig. 25); cette étendue de sable marquait probablement l'emplacement d'une des anciennes passes, de même que celle du nord-est marquait l'autre.

Un autre sand wash se trouvait au sud-ouest (pl. VI, fig. 19) : la plage de sable s'étendait de l'océan jusqu'à la rupture de pente et se prolongeait par une étendue de sable descendant en pente douce jusqu'au lagon. Des blocs de corail noirci, à demi enfoncés dans le sable, semblaient indiquer que celui-ci avait été remanié par les vagues ou le vent. Le sable était blanc ou rose-orange pâle partout où il était habituellement inondé par l'eau de mer, et, au-delà de l'atteinte des vagues ordinaires, ce sable rosé était recouvert d'une couche d'environ 0,5 cm de sable coloré en vert par des Cyanophycées et quelquefois légèrement induré en croûtes friables.

En dehors de ces algues microscopiques, de quelques plantules d'*Ipomœa pes-capræ*, et de quelques germinations de graines apportées par la mer, il n'y avait pas de végétation sur les plages de Clipperton en 1958. Toutefois, les photographies prises en 1938, 1943 et 1957 (pl. I, fig. 1) montrent des lianes d'*Ipomœa* rampant de la bande de terre vers la plage, au moins sur le côté est de l'atoll, et, en 1958, des tiges mortes entremêlées pendaient du bord en surplomb de la bande de terre. Les plages, même dans leur partie supérieure que l'on peut considérer comme l'arrière-plage, changent constamment sous l'effet des vagues de tempêtes fréquentes. Par contraste, la permanence relative des

sand washes est frappante. Deux d'entre eux marquent les ouvertures peu profondes qui menaient autrefois au lagon, et la plupart se voient déjà sur les cartes de 1897 et les photographies prises en 1935, et se reconnaissent même dans des descriptions plus anciennes. Ils doivent correspondre à des configurations particulières du récif, des pentes sous-marines et peut-être aussi d'un ancien platier plus élevé, qui facilitent l'abrasion et le dépôt du sable, mais non l'accumulation de graviers ou de blocs.

BEACH ROCK

Des affleurements typiques de beach rock (pl. II-III, fig. 3-5, 9) se reconnaissent bien le long de la côte nord-est de Clipperton. On les voit sur les photos aériennes de 1943 et on a pu les suivre sur le terrain sur presque toute leur longueur. Les mêmes photographies montrent une ligne noire vers le milieu du côté sud-est qui marque peut-être du beach rock, mais en 1958 cette région était couverte d'une levée de blocs et de galets et aucune roche conglomératique ne s'y voyait. Le beach rock a été observé aussi en 1958 par d'autres membres du groupe de Scripps (communication personnelle) le long de la côte sud-ouest, après qu'une tempête eût balayé le sable et le gravier qui le recouvraient. Les plaques superposées de beach rock avaient à peu près la même pente que la plage actuelle et des morceaux de fer, dont une partie d'une vieille ancre, s'y trouvaient inclus.

On n'a rien vu, au bord du lagon, qui puisse s'interpréter comme du beach rock. Le long du côté nord-est de l'île, un peu au nord-ouest du Camp des Naturalistes, le beach rock présente l'aspect suivant : la plage est faite d'une mince couche de sable, parfois balayée et révélant un « trottoir » d'une roche blanche et lisse (pl. II, fig. 3 et 4). Par-dessus se trouve une autre plaque lisse apparemment en place, avec un léger surplomb du côté de la terre. Plus au nord, la face supérieure de cette plaque est creusée de vasques peu profondes et prend l'aspect d'une plate-forme d'érosion (pl. II, fig. 5). Des plaques minces, cassées et déplacées, sonores sous le marteau, jonchent la dalle *in situ*. Un morceau d'une de ces plaques (échantillon 17) paraissait plus tendre à la partie inférieure qu'à la surface, où de petites touffes d'algues étaient fixées. D'autres plaques étaient colorées en brun-orange par un feutrage d'algues (échantillon 306). Toutes les dalles plongent vers l'océan avec un pendage d'environ 10°. Certaines sont fendues parallèlement au rivage. Bien qu'associées à une plage de sable, toutes les plaques de beach rock sont formées, non d'un grès de plage, mais d'un conglomérat (pl. IX, fig. 32 et 33) de petits graviers de corail et de matériaux provenant d'autres organismes, tels que des coquilles, avec un ciment sableux (cf. p. 58). Le terme conglomérat de plage s'applique donc à cette roche. Les dalles, minces et sonores, sont très semblables à des dalles de grès de plage typique, sauf en cette différence de structure.

Si l'on continue à s'avancer le long du côté nord-est de l'île, on retrouve des groupes de dalles semblables à celles qui viennent d'être décrites, celle du dessous formant encore un trottoir blanc (pl. III, fig. 9) d'environ 4 m de large, et couvert par places de sable corallien. Au-dessus et en arrière se trouve une formation plus épaisse, large d'environ 6 m, d'un conglomérat plus grossier avec un pendage vers l'océan, et d'environ 17° dans sa partie inférieure (pl. III, fig. 7). Son bord inférieur est légèrement sapé, dégageant un surplomb, et découpé en profonds festons qui débordent quelque peu sur le trottoir. De

nombreuses littorines vivantes aux coquilles bleu-noir sont fixées dans les creux, avec de rares spécimens de *Nerita*. A cause de son pendage, cette épaisse formation ressemble, au moins au premier abord, à un conglomérat de plage typique. A sa partie supérieure (pl. III et IV, fig. 8, 10 et 11) sa structure et sa cimentation incomplète lui donnent plutôt l'aspect du conglomérat lité assez grossier et mal consolidé qui se trouve plus en arrière, et s'étend en travers de l'île. Malheureusement, aucun échantillon n'a pu être récolté. On pourrait considérer que cette formation résulte du même processus d'induration que les couches horizontales qui lui font suite sur la terre ferme, processus qui intéresserait le versant externe (vers l'océan) de la levée de corail. Si, au contraire, on assimile cette formation à un beach rock, il faudra admettre qu'elle se soit formée à une époque où le niveau de la mer était plus élevé, car elle s'élève bien au-dessus du niveau actuel de la marée haute. Par contraste les dalles minces et le trottoir situés en dessous de cette formation sont dans la zone d'oscillation des marées et représentent sans doute un beach rock récent.

La région de l'île que nous décrivons fait partie de celle qui avait été récemment frappée par une violente tempête (cf. pp. 68-70). Et c'est peut-être à cette même cause qu'on peut attribuer la présence d'une longue dépression (pl. III et IV, fig. 10 et 11) parallèle au rivage, profonde de 1 m environ, tapissée d'un gravier de corail brisé et qui s'allonge entre la formation épaisse décrite plus haut et la couche plus ou moins horizontale de gravier induré qui s'étend en travers de la bande de terre émergée. L'altitude maximum dans cette région est de 2,25 m au-dessus du niveau moyen estimé des hautes mers. La dépression longitudinale s'atténue vers le nord-ouest, et plus loin c'est une pente continue de corail branchu meuble qui s'étend entre le conglomérat de la bande de terre et la formation épaisse de beach rock; encore plus loin, cette dernière disparaît et la pente de gravier descend jusqu'au niveau de la marée haute.

La formation épaisse de beach rock élevé ne se voit pas ailleurs, mais pourrait se trouver cachée sous les crêtes de plage en d'autres régions de l'île.

Le long de presque toute la région nord-est de l'île, où le beach rock se trouve en place dans la zone d'oscillation des marées, des dalles brisées et déplacées, dont la plupart sont trop lourdes pour être remuées par une seule personne, se trouvent au haut de la plage (pl. II, fig. 6) qui n'est en principe atteint que par les vagues de tempêtes, et certaines jonchent même la terre émergée. Ces dalles sont lisses et blanches, certaines ayant l'éclat du marbre. Comme celles qui sont en place, elles sont formées de fragments coralliens de taille variable (pl. IX, fig. 33), mais leur structure n'est jamais assez fine pour qu'on puisse vraiment parler de grès de plage (cf. échantillon 28, p. 58).

Terre émergée.

LEVÉES DÉTRITIQUES (BEACH RIDGES)

En face du Camp des Naturalistes, il n'y a pas de levée de blocs bien définie. Des blocs de corail et des plaques de beach rock (pl. II, fig. 6) dont certaines sont d'une taille et d'un poids respectables, jonchent la partie supérieure de la plage sableuse au-dessus de laquelle se dresse le bord vertical de la roche conglomératique qui forme la terre

émergée; celui-ci est sapé à la base et a certainement reculé récemment sous l'effet des vagues de tempêtes, car des branches mortes d'*Ipomœa* pendent le long de la paroi; elles devaient auparavant ramper vers la plage et l'océan.

Ailleurs, autour de l'atoll, en particulier sur les côtes sud et ouest, on trouve des levées externes (pl. IV, fig. 12) bien développées et formées de fragments branchus de corail, assez bien triés, le plus souvent de 7-10 cm de long. Le tri est apparemment facilité par le fait que la faune corallienne est assez pauvre et que, dans la plupart des cas, la plus grande partie du gravier provient d'une seule espèce, ou d'un petit nombre d'espèces voisines.

A l'angle nord de l'atoll, la levée comporte des matériaux de dimension plus variable et aussi d'un plus grand nombre d'espèces. Les fragments coralliens vont de la taille de petits cailloux jusqu'à celle de pavés ou de blocs plus importants. Dans cette région, la levée est énorme et s'étend vers la terre en un champ de pierres qui a peut-être été retravaillé récemment, car certains des blocs noircis ont été déplacés, exposant leur partie inférieure plus blanche. Dans la même région, une levée secondaire, ou banc de galets, s'est formée sur le bord externe du récif et enferme une grande mare sur le platier (pl. IV, fig. 13). Ceci rappelle une formation observée peu après le cyclone de janvier 1958 à Jaluit (FOSBERG, communication personnelle, et BLUMENSTOCK, éd., 1961). Ces levées secondaires peuvent être fugitives et se rapprocher des rivages pour ajouter leurs matériaux aux levées principales. C'est ce qui est en train de se produire à Jaluit (BLUMENSTOCK *et al.*, 1961). Sur le côté sud-ouest de Clipperton, la levée de gravier bien trié montre une crête double, avec une légère dépression longitudinale entre les deux, indiquant peut-être que des matériaux se sont rajoutés au talus externe. Toutefois, il n'est pas certain que cette levée soit entièrement naturelle, car plus au nord, le long du principal bois de cocotiers et du village abandonné, il est évident que la levée a été artificiellement renforcée pour protéger la station météorologique. Sur d'autres atolls, des levées à double crête sont fréquentes, mais leurs profils sont bien différents (FOSBERG, communication personnelle).

Du côté de l'océan, toutes les levées sont blanches (pl. IV, fig. 12). Leurs sommets aplatis, ou quelquefois déprimés dans le cas de levées à crête double, et leurs talus plus courts du côté de la terre ferme sont noircis. La ligne de démarcation entre corail blanc et noirci est parfois très nette. La coloration est due à des algues microscopiques. La face inférieure des morceaux de corail est généralement plus pâle, allant du blanc au gris foncé. Dans certaines régions et conditions d'illumination le corail ressemble à un désert de lave volcanique noire.

Le long de l'Isthme qui mène au Rocher Clipperton et aussi sur la bande de terre qui lui est parallèle, entre la Baie du Rocher et l'océan, les cochons avaient suivi des pistes étroites presque blanches parmi le corail gris foncé qu'ils usaient de leurs sabots. Ces pistes se voient très bien, dans ces mêmes régions, sur les photographies aériennes prises en 1943. Il sera curieux de voir combien de temps elles subsisteront maintenant que les cochons ont été abattus.

SURFACE DE L'ÎLE

Tout autour de l'île, la terre émergée descend en pente du sommet des levées de corail jusqu'au rivage du lagon. La pente est assez rapide au début, là où elle est formée par le versant interne de la levée, puis elle s'adoucit. OBERMÜLLER (1959) estime cette pente adoucie à 5 à 10°. Souvent la pente est presque imperceptible, mais une série de gradins abaisse le niveau jusqu'au lagon. La surface du sol est formée de matériaux meubles ou agglomérés.

MATÉRIAUX MEUBLES. — On a déjà indiqué que les sand washes, les versants internes des levées de gravier ou de blocs et les champs de pierre prolongent en certains points des formations côtières au travers de la terre ferme. Ailleurs, celle-ci est couverte de sable ou d'un sol peu évolué, et, le plus souvent, est parsemée de morceaux de corail. Le type de sol le plus courant est un mélange de petits morceaux de corail et d'un limon brun clair (voir échantillons 5 et 34, pp. 57 et 55) qui se montre à l'analyse comme très riche en phosphate. Par places, il peut être recouvert par des nappes de gravier d'épaisseur variable, par des cordons ou des bandes de corail noirci meuble, ou même par une couche de sable. Lorsque le conglomérat corallien affleure, un dépôt mince et irrégulier de sable ou de gravier se trouve généralement à la surface ou dans les dépressions. A cause des perturbations apportées par la récolte du phosphate au début du siècle, on ne peut évidemment pas affirmer grand-chose sur l'allure naturelle des profils des sols ni sur l'arrangement originel des anciens sédiments meubles.

Les accidents du terrain sont formés par les sédiments consolidés, qui présentent trois aspects principaux : gradins ou marches, dallages, et falaises du lagon.

GRADINS. — Ils sont, en fait, de deux types, mais représentent probablement des affleurements des mêmes couches consolidées, horizontales ou presque. Le premier type ne se voit que du côté de l'océan, sur la bande de terre nord-est : entre le Camp des Naturalistes et le great sand wash, la couche horizontale se termine du côté de l'océan par un gradin (pl. III et IV, fig. 7 à 11), avec une paroi verticale ou un encorbellement de 0,5 à 1 m de haut, mais dont la partie inférieure disparaît sous une masse de gravier. Ce gradin est juste en face et au-dessus du conglomérat épais et grossier qui pend vers l'océan et qui est décrit plus haut (p. 39). La marche supérieure du gradin descend en pente à peine perceptible vers le lagon. Elle affleure sur une étendue transversale variable, atteignant parfois un quart ou un tiers de la largeur de l'île, mais aussi parfois nulle, car la plupart du temps la marche est couverte par une couche de morceaux de corail blanc, surtout des branches légèrement usées (voir p. 69). Il est très possible que le gradin et sa large marche de conglomérat aient été mis à nu par la tempête de 1957-1958, et soient ailleurs cachés sous les levées de corail détritique.

Autour de la plus grande partie de l'atoll, sauf dans les sand washes, s'étend une série irrégulière et discontinue d'un second type de gradins (pl. VI, fig. 21, 22 et pl. XI, fig. 45) très bas et concentriques, qui paraissent formés du même conglomérat que le type ci-dessus. Leurs marches sont tournées vers le lagon et ne dépassent pas 20 ou 30 cm. Lorsqu'ils sont bien développés, comme sur le côté nord-est, à l'ouest de la grande épave,

ou en quelques points du côté sud-ouest, les gradins vus du lagon ressemblent aux degrés d'un amphithéâtre et on peut les gravir comme des marches irrégulièrement espacées. Ils sont souvent disposés (pl. VI, fig. 22) en un groupe de plusieurs gradins rapprochés, avec un palier, puis un nouveau groupe de degrés au-dessus. Le bord libre des degrés surplombe quelquefois de petites cavernes qu'habitent les crabes terrestres. Vus d'en dessous, les bords libres d'un groupe de gradins ressemblent un peu aux têtes de couche d'un groupe de dalles de beach rock, mais autant qu'on puisse en juger d'après leur surface inégale, les gradins ne pendent pas comme le ferait le beach rock. M. OBERMÜLLER (1959, p. 50, et communication personnelle) fait la même observation. Vus de dessous, les gradins ont une surface consolidée, souvent recouverte par places de sable ou de gravier, surtout au pied du gradin suivant. Des plantes croissent parfois sur ces surfaces, et en particulier dans la couverture meuble.

Dans certaines régions, comme par exemple près du coin est de l'atoll, les gradins s'allongent parallèlement au rivage; ailleurs, ils le suivent sur une certaine distance, puis s'incurvent et s'en éloignent. Près de la pointe sud de l'île, à la base du Crochet, une aire assez vaste où la végétation est pauvre montre des gradins bien marqués qui forment un système d'arcs assez compliqué et très différent du tracé actuel du rivage du lagon. De l'autre côté du Rocher, des séries de degrés très bas s'incurvent en s'éloignant de l'Isthme pour former la Pointe du Pouce, basse et rocheuse. Certains gradins peuvent être suivis sur de longues distances et il est très possible qu'en pratiquant des coupes on puisse montrer qu'ils s'étendent presque tout autour de l'île. Si l'on mesurait leur élévation par rapport à un point fixe (par exemple le bouton au sommet du monument Astro, 1957) et si l'on en dressait un plan, on pourrait obtenir des données très utiles permettant d'élucider leur origine. Là où ils manqueraient, on pourrait conclure qu'une passe, maintenant fermée par des sédiments meubles, existait autrefois.

PAVAGES EN AFFLEUREMENT. — Ils sont surtout bien développés dans la partie sud de l'atoll, sur l'Isthme et la Pointe du Pouce, et, de l'autre côté du Rocher, à la base du Crochet (pl. VI, fig. 21 et pl. VIII, fig. 27). La plupart du temps, ils constituent la partie supérieure des gradins, élargie en palier; ailleurs, leur association avec les gradins étagés n'est pas évidente et ils disparaissent sous des matériaux meubles ou sous une végétation plus dense. Leur surface paraît le plus souvent horizontale. Elle peut être relativement lisse, mais le plus souvent elle est disséquée par l'érosion, principalement par l'eau de pluie, en un relief karstique miniature de quelques centimètres de haut. D'après OBERMÜLLER, ces pavages représentent un riche dépôt de phosphates.

RIVES DU LAGON

FALAISES. — Vers le rivage du lagon, les gradins étagés et les pavages peuvent se terminer brusquement en « falaises » (pl. V, fig. 16, 17). De telles falaises s'élèvent jusqu'à 1,5 m au-dessus du niveau de l'eau, sur la rive nord-est du lagon, un peu au nord du Camp des Naturalistes, et, sur la rive opposée, au nord et au sud de la Baie de la Pince. La roche formant les falaises est inégale en texture et en dureté, de sorte que leur partie supérieure peut être en surplomb ou au contraire tronquée. En général, leurs parois ont été

attaquées par l'érosion et des blocs en sont tombés; parfois, ce recul de la falaise a laissé en place des parties plus dures qui forment des témoins ou champignons en avant de la nouvelle paroi. Les blocs détachés ou les champignons, entourés soit par l'eau du lagon, soit par des graviers de corail, sont très appréciés des oiseaux de mer qui y nichent pour se protéger des cochons. Le long de la rive nord-est, de telles falaises s'étendent sur une assez grande longueur, un peu en retrait du bord de l'eau, et sont séparées du rivage par un talus de fragments de corail dont une partie sont des éboulis détachés par l'érosion de la falaise, et dont l'autre peut avoir été déposée par la tempête de 1957-1958. La falaise paraît avoir été très abimée par cette tempête, et l'on trouve, arrachés et basculés jusqu'au bord de l'eau, de grands blocs de la roche mieux consolidée qui forme son couronnement.

AUTRES FORMES LITTORALES DU LAGON. — Les rives de la plus grande partie du lagon sont moins élevées, et des corniches rocheuses de quelques décimètres au-dessus de l'eau font suite aux falaises. Elles sont souvent recouvertes d'une épaisse masse de *Ipomœa pes-capræ* (pl. XI, fig. 44). Elles paraissent formées du même conglomérat que le sommet des falaises. Parfois, comme par exemple près du Rocher, un pavage peut s'étendre jusqu'au bord de l'eau, formant une côte rocheuse très basse. Le pavage ou les conglomérats des corniches peuvent même se prolonger sur une certaine distance sous l'eau du lagon. Ailleurs, des sédiments fins ou des débris végétaux s'accumulent sur le fond au bord du lagon. Il arrive aussi que des bancs de boue forment le rivage et, à cause des fluctuations incessantes du niveau du lagon (infiltration et peut-être précipitation et évaporation), leur largeur varie et leurs sédiments peuvent être retravaillés par le mouvement de l'eau. Ils sont toutefois souvent fixés par la végétation, par des touffes de Cypéracées.

Au coin est de l'île, et sur une certaine distance vers le sud, les couches de conglomérat et les gradins s'éloignent du bord du lagon et une région basse de sédiments fins s'étale entre eux et l'eau. Le rivage est une plage étroite de sable fin et blanc ou de petit gravier, ou plus souvent un étroit cordon de quelques décimètres de haut, derrière lequel une étendue de terrain bas peut être couverte d'eau stagnante et occupée par des Cypéracées. Les vagues du lagon, assez fortes durant les tempêtes, remodelent sans cesse ce cordon, y ouvrent des passes et renouvellent l'eau des mares. Le sable du talus ou des petites plages s'étend sous l'eau du lagon. Comme la pente est très faible, les moindres variations du niveau de l'eau couvrent ou découvrent ces bancs de sable. En août, les nombreuses tempêtes de vent ou de pluie venant du sud-ouest empilent vers l'est du lagon de grandes quantités de débris végétaux, surtout de *Najas*, qui forment de grands rouleaux dans les eaux peu profondes du bord et qui s'échouent souvent sur la plage ou le petit cordon littoral. Les masses desséchées de ces débris végétaux déposées au sommet du cordon, et les croûtes d'algues à bords enroulés que l'on trouve un peu en arrière sur les vasières, indiquent que le lagon doit être parfois plus haut et s'étendre bien plus loin que je ne l'ai jamais vu le faire. Le petit cordon de sable devait exister depuis un certain temps avant notre arrivée, et montrer une certaine stabilité, car des tiges luxuriantes d'*Ipomœa pes-capræ* s'entrecroisaient dessus. Le sable de la plage et du cordon était couvert de Cicindelles.

Plages mobiles et cordons sablonneux peu élevés se retrouvent dans la partie

nord de la rive nord-est, en face du great sand wash. Ici, une barre de sable ou de gravier forme des festons qui isolent des mares temporaires, surtout quand le niveau du lagon est bas.

Entre le Camp des Naturalistes et le great sand wash, des barres de gravier peuvent se former au pied des falaises (pl. V, fig. 16) ou, comme à la Pointe Verte, le long d'une région basse, et séparer du lagon des mares ou fossés le plus souvent remplis d'algues. Ces barres peuvent être coupées de passes (pl. VII, fig. 23) et l'eau du lagon peut venir renouveler celle de mares et fossés. Les morceaux de corail de ces barres sont semblables par la taille et l'aspect à ceux de la nappe de gravier récente qui recouvre la terre émergée, et représentent probablement le même dépôt (cf. p. 69).

Le Rocher Clipperton.

Dans le sud-est de l'atoll, une étroite bande de terre qu'on a appelé l'Isthme s'avance dans le lagon d'est en ouest, et c'est à sa pointe ouest libre que s'élève la masse volcanique du Rocher Clipperton (pl. I, fig. 1, pl. VII et VIII, fig. 24 à 27). Différents auteurs indiquent des chiffres très divers pour sa hauteur, allant de 19 à 29 m, et même 80 m. Ce dernier chiffre, calculé d'après la distance à laquelle le Rocher cesse d'être visible d'un navire, est certainement beaucoup trop élevé. A ma connaissance, aucune des expéditions scientifiques ou visites récentes n'a mesuré le Rocher. Le chiffre le plus récent qui soit basé sur des observations précises est celui de 29 m au-dessus du niveau de l'océan, obtenu par les officiers de la *Jeanne-d'Arc* en 1935 (LACROIX, 1939; GAUTHIER, 1949), mais est peut-être un peu trop élevé. Beaucoup de visiteurs ont comparé le Rocher, vu à distance, à une voile lointaine, et, vu de plus près, à un grand château en ruines. On ne peut mieux dire.

La base du Rocher a, en gros, la forme d'un losange dont le grand axe serait à peu près est-ouest. Le pinacle le plus élevé se trouve sensiblement au centre de la masse rocheuse. Vue de l'Isthme, la face est s'élève comme une muraille presque verticale, et de même la face nord vue du lagon. Mais si l'on fait le tour de la base du Rocher, on s'aperçoit qu'il est pénétré par plusieurs passages à ciel ouvert plus ou moins parallèles (pl. VII, fig. 24 et 25) et séparés par d'épaisses murailles. Le sol de ces couloirs est en pente et formé de matériaux fins mêlés à des cailloux coralliens, du guano, des plumes d'oiseaux et autres détritiques (voir échantillon 15, p. 57). Certains des couloirs traversent le Rocher d'un bout à l'autre. Cette structure en masses verticales séparées par des couloirs se voit très bien sur ces photos prises d'hélicoptère.

Au premier abord, l'explication la plus simple de l'origine du Rocher est qu'il fait partie du cratère d'un volcan sous-marin, et ceci a été suggéré par GEIKIE (*in* TEALL, 1898, p. 233). L'étude lithologique détaillée de la roche volcanique et des descriptions et photographies du Rocher ont conduit ALFRED LACROIX (1939) à le caractériser ainsi : « un dôme d'extrusion comparable à celui de Bogosloff, formé à la façon de celui de la Montagne Pelée ». Il y avait des années que la curiosité du célèbre vulcanologue avait été attirée par l'île Clipperton, et dès 1906, après l'examen d'un fragment de roche, il avait suggéré l'interprétation ci-dessus, confirmée plus tard par des examens plus approfondis. OBERMÜLLER, lui, a pu examiner le Rocher lui-même et récolter et étudier

des échantillons moins altérés. Son interprétation suit celle de LACROIX. Celle-ci revient à classer le Rocher Clipperton parmi les cumulo-volcans ou, mieux, les pitons (COTTON, 1952), c'est-à-dire à y voir une masse de lave acide très peu fluide exprimée lentement du volcan comme d'un tube, et qui se solidifie sans jamais couler. C'est ainsi que s'est formée l'aiguille de la Montagne Pelée. Le volcan de l'île Bogosloff, dans l'archipel des Aléoutiennes, donne naissance de la même manière à de petites îles ou à des rochers escarpés dans l'océan. La principale différence entre les volcans de Bogosloff et de Clipperton, c'est que le premier se trouve dans une région très instable et de volcanisme très actif, et que les divers pitons et îles qui en ont surgi ont disparu par érosion ou explosion pendant le dernier siècle (BYERS, 1960). De même, l'extraordinaire aiguille de la Montagne Pelée a été détruite peu après sa formation. Au contraire, le volcan de Clipperton est éteint depuis très longtemps et le Rocher est demeuré stable pendant au moins le temps qu'il a fallu aux coraux pour encercler et coiffer la montagne sous-marine. Il serait peut-être plus évocateur de comparer Clipperton à certains dômes terrestres tels que les dômes de trachytes de l'Auvergne ou les pitons de phonolithe appelés « sucs » dans le Velay (WILLIAMS, 1932; BOULE, 1892, p. 150). Certaines vues du Gerbier-de-Jonc (cf. pl. VIII, fig. 28) rappellent en effet celles de Clipperton.

Des racines du Rocher Clipperton, de la profondeur où se retrouve la roche volcanique sous le calcaire corallien qui coiffe la montagne sous-marine, on ne sait rien. L'aspect ruiniforme saisissant du Rocher, sur les photographies ou d'après les descriptions des auteurs, donne l'impression que c'est une masse croûlante de blocs détritiques. Rien n'est moins vrai. Lorsqu'on gravit le Rocher, ses murailles épaisses paraissent aussi solides que possible, et inattaquables par les éléments. La roche ne montre ni fentes, ni fissures, ni morceaux détachés, ni écailles soulevées, et il n'y a ni « casse » ni talus d'éboulis à la base. Bien qu'il soit profondément découpé, il paraît bien « d'une seule pièce ». Lorsqu'on a l'habitude des roches pourries des Alpes, par exemple, ou des éboulis des volcans d'Auvergne, le contraste est saisissant. On sait que l'eau de pluie et le guano des oiseaux de mer ont profondément modifié la roche volcanique et qu'elle est plus ou moins phosphatisée jusqu'à une profondeur inconnue, mais cela ne se remarque pas au premier abord : la roche n'en est pas désagrégée et reste très dure. Elle est très difficile à casser au marteau qui sonne et rebondit. Les prises seraient bonnes si la surface de la roche n'était très glissante, et les irrégularités arrondies plutôt qu'à arêtes vives. L'ascension du Rocher est compliquée par l'abondance des oiseaux de mer qui y nichent et pincement les jambes des grimpeurs, ceux-ci risquant de lâcher prise de surprise sinon de douleur. En effet, le Rocher est couvert d'oiseaux de mer, surtout des fous bruns et des noddis. On trouve leurs nids dans tous les recoins et creux de la roche, sur toutes les petites plates-formes et corniches des murailles. Les noddis déposent parfois aussi leurs œufs sans aucun nid à même le sol des couloirs. La surface généralement rougeâtre du Rocher est éclaboussée de guano blanc (pl. XII, fig. 47) formant des traînées en dessous des nids, ou même recouverte d'un enduit vitreux blanc. Les « coraux » mentionnés par PEASE (1868, p. 201) n'ont pas été retrouvés. Toutefois, M. OBERMÜLLER fait remarquer que les oiseaux transportent des cailloux de corail au plus haut du rocher pour les mettre dans leurs nids et que, par places, ils pourraient être cimentés à la roche volcanique. On trouve en effet des cailloux et branches de corail un peu partout. Une autre interprétation possible des observations de GRISWOLD rap-

portées par PEASE est que, en certains endroits où l'eau de pluie ruisselle le long des parois du Rocher ou du plafond de petites cavernes, on trouve un tapis d'algues vertes et un dépôt de concrétions minérales (voir échantillon 16, p. 64 et pl. X, fig. 41) qui rappellent un peu la surface délicatement découpée et branchue de certains squelettes coralliens.

La base du Rocher, et donc la manière dont il se rattache au corail qui l'entoure, sont en général dissimulées par des éboulis de corail et de terre semblable au sol des couloirs du Rocher, qui vont en pente vers le lagon. Sur le côté sud du Rocher, cependant, on peut voir le contact entre roche volcanique et conglomérat corallien (pl. VIII, fig. 29 et 30). C'est une petite corniche d'un mètre de large au plus, cimentée au Rocher, dont la face supérieure est à peu près horizontale et qui, à la partie inférieure, est sapée en une profonde encoche. La hauteur de l'encorbellement au-dessus de l'eau du lagon n'a pas pu être mesurée exactement, mais peut être estimée comme d'environ 1,20 m. Malgré ses oscillations qui semblent être de l'ordre de quelques décimètres environ, on peut dire que le niveau du lagon se trouve à peu près au niveau de la mi-marée, de sorte que l'encoche serait comparable aux « nips » qu'on retrouve sur d'autres îles et côtes : elle correspondrait au niveau de 2 m (5-6 ft) au-dessus de la basse mer actuelle que TEICHERT et FAIRBRIDGE (FAIRBRIDGE, 1958, p. 479) associent à leur « Abrolhos Terrace », ainsi nommée d'après des corniches observées dans les îles Abrolhos, au large de l'Australie occidentale. Ces auteurs ont reconnu un certain nombre de corniches ou terrasses étagées surmontant des encoches qui marquent d'anciens niveaux plus élevés de l'océan. Sur les atolls, ces terrasses ne sont pas très faciles à voir et à dater, mais à Clipperton il est bien évident que la corniche est plus récente que le Rocher, et on peut suggérer qu'elle s'est formée à une époque où l'océan était un peu plus élevé qu'actuellement, et qu'elle a été sapée ultérieurement quand le niveau s'est abaissé, mais en demeurant encore un peu plus élevé que de nos jours. On ne sait pas comment la corniche est constituée ni à quelle configuration ancienne de l'atoll elle se rattache, mais elle a certainement été sapée par le lagon, ou par l'océan, probablement quand leurs niveaux étaient plus élevés. On a suggéré aussi que cette corniche pourrait résulter de l'accumulation de débris coralliens par une tempête, suivie de cimentation puis d'érosion par de nouvelles tempêtes, le niveau du lagon et de l'océan étant alors tel qu'il est de nos jours. Cette interprétation paraît moins vraisemblable, et présuppose que la cimentation peut se faire à l'air. De ceci nous n'avons aucune preuve. Une étude détaillée de la morphologie de la corniche et de la structure du conglomérat qui la forme peut seule répondre aux questions qui se posent, et serait sans doute d'un grand intérêt dans la reconstitution de l'histoire géologique de Clipperton et des îles coralliennes en général.

Sur le plus grand des îlots volcaniques qui s'élèvent un peu au large de la face sud du Rocher Clipperton, se trouve un autre témoin de conglomérat corallien, presque en face de la corniche précédente. Il peut avoir fait partie du même édifice, peut-être d'un banc de conglomérat qui s'étendait d'un côté à l'autre du bras actuel du lagon et qui a été sapé et s'est en grande partie écroulé. L'encoche est moins nette sur l'îlot rocheux que sur le Rocher, et la face supérieure du banc descend en pente le long de l'îlot, d'une hauteur comparable à celle de la corniche du Rocher, jusqu'au niveau du lagon ou presque.

Le lagon.

Le lagon fermé de Clipperton (pl. I, fig. 1) forme un grand lac ovale avec, dans sa partie sud, un bras qui entoure le Rocher et forme la Baie du Rocher. Par beau temps, l'eau en est parfaitement lisse, mais les vents peuvent y soulever des vagues assez importantes.

EAU DU LAGON

Depuis 1861, date de la visite de GRISWOLD (PEASE, 1868), les voyageurs ont été surpris de trouver l'eau du lagon « douce », ou presque. On a suggéré qu'elle peut être plus salée et désagréable à boire en période sèche, en hiver ou au printemps. On rapporte même que des ouvriers sont morts d'en avoir bu (SLEVIN, 1931). Voici les quelques mesures de la salinité du lagon qui sont données par les auteurs. En septembre 1943 (BYRD, 1943), la salinité d'un échantillon prélevé à la surface était de 70 grains par gallon (1,2 pour mille, alors que la salinité moyenne des mers est d'environ 35). En octobre 1956, de l'eau récoltée à une profondeur de 10 m (LIMBAUGH rapport inédit, 1957) avait une salinité de 2,90 pour mille. M. OBERMÜLLER (1959) indique une salinité de 4 à 5 g par litre (ou pour mille) pour l'eau de surface récoltée en novembre 1957. En mai 1958, deux bouteilles d'eau de surface prises en face de l'épave ont donné les résultats suivants (KLAWE, communication personnelle) :

	Chlorinité ‰	Salinité ‰
Numéro 1	2,595	4,71
Numéro 2	2,59	4,69

L'eau était sursaturée d'oxygène, car le lagon à cet endroit était plein de plantes aquatiques.

L'eau récoltée en août 1958 et analysée par la Quality of Water Branch, U. S. Geological Survey, avait une salinité de 3,84 pour mille (voir analyse complète p. 50). Des échantillons récoltés en août 1958 par C. F. HARBISON, et en septembre pendant ses plongées dans le lagon par CONRAD LIMBAUGH, ont été titrés au laboratoire de la Scripps Institution of Oceanography avec les résultats suivants :

	Chlorinité ‰	Salinité ‰
a) Lagon (échantillon un peu trouble, un peu jaune, odeur fermentée, substance gélatineuse au fond)	1,17	2,15
b) Mare à Cypéracées à la base du Crochet	0,01	0,05
c) Lagon, surface (1 ^{er} septembre)	2,36	4,29
d) Lagon, 4,5 m de profondeur (1 ^{er} septembre)	2,45	4,45
e) Lagon, 20 m de profondeur (1 ^{er} septembre)	17,45	(31,5) non calculée au laboratoire à cause de l'abondance des sulfites, mais probablement aux environs de 31,5.
f) Lagon, surface (substance fibreuse verte au fond) (8 septembre)	2,39	4,35
g) Lagon, surface (17 septembre)	2,28	4,16

Les analyses, même celles de 1958, ont été faites par des méthodes différentes et ne sont probablement pas comparables, on ne peut donc pas montrer s'il y a un changement saisonnier dans la salinité. S'il y a vraiment une saison sèche à Clipperton (U. S. Hydrographic Office, 1951), il est possible que l'évaporation et l'absence de précipitation amènent une élévation de la salinité.

NIVEAU DU LAGON

Divers observateurs ont décrit le niveau du lagon comme étant très au-dessous ou très au-dessus de celui de l'océan. En 1944, un des compagnons du Capitaine TAYLOR l'examina avec soin et décida (TAYLOR, 1948, p. 173) qu'il était au niveau de la mi-marée. Pendant mon séjour, le niveau changeait sans cesse et, outre un léger effet peut-être dû à l'évaporation et à l'addition d'eau de pluie, il paraissait évident que l'influence des marées ou le résultat d'infiltration se faisaient sentir. Je n'ai pas pu mesurer exactement le niveau du lagon par rapport à l'océan, mais il n'était jamais suffisamment plus élevé ou plus bas que celui de la mer pour qu'on le remarque. Il n'y a aucun doute, en tout cas, que par gros temps les vagues de l'océan déferlent par-dessus les régions basses et étroites de la bande émergée et ajoutent leurs eaux au lagon. Ceci doit influencer sur la salinité et le niveau pendant un certain laps de temps. Les déperditions à travers les parois de la montagne sous-marine abaissent éventuellement le niveau du lagon, mais avec un certain retard, et peu de temps après une tempête, surtout à marée basse, le lagon peut paraître plus élevé que l'océan. Dans des lagons ouverts, ce phénomène est bien connu : à l'île Pokak par exemple, dans l'archipel des Marshall, les vagues déferlent par-dessus le récif à chaque marée haute. Le courant de jusant à marée basse ne peut s'écouler que par la passe unique et très étroite de l'atoll, et, en dépit de l'effet supplémentaire d'infiltration, ne suffit pas à ramener au niveau de l'océan celui du lagon, qui apparaît toujours plus élevé que la basse mer. Un observateur qui se promène entre les deux en demeure très frappé.

Dans une île circulaire idéale (WENTWORTH, 1947), considérée comme une masse à perméabilité isotropique s'élevant à travers l'eau de mer jusqu'au-dessus du niveau de l'océan, l'eau douce provenant des pluies forme une lentille biconvexe (appelée lentille de GHYBEN-HERZBERG) qui flotte sur l'eau salée et s'étend bien au-dessous du niveau de la mer. Sous l'effet des marées, l'eau de mer située dans la montagne poreuse, en dessous de la lentille d'eau douce, fait s'élever et s'abaisser cette dernière, mais presque sans s'y mélanger si l'amplitude des marées est faible et la lentille suffisamment épaisse. Les montagnes sous-marines d'atolls les mieux connues, celles de Bikini et d'Eniwetok, sont extrêmement poreuses, comme le montrent les carottes de sondages et les mesures géothermiques (SWARTZ, 1958). Dans un cas théorique idéal, et avec une lentille d'eau distillée entourée d'eau de mer d'une densité de 1,025, la hauteur de l'eau douce en dessous du niveau de la mer est 40 fois plus grande qu'au-dessus. L'applicabilité de ce principe aux îlots des atolls, au moins dans les régions humides, a été démontrée plus d'une fois (COX, 1951; ARNOW, 1954; TRACEY *et al.*, 1961), et leurs nappes phréatiques ont la forme de lentilles de GHYBEN-HERZBERG, quoiqu'elles soient loin d'en être des exemples parfaits, car l'eau douce n'est jamais pure et la porosité toujours inégale.

Un effet comparable est probablement réalisé à Clipperton. La montagne sous-marine, dans sa partie supérieure, est formée surtout de calcaire corallien probablement très poreux. Le Rocher Clipperton est si petit par rapport à la circonférence de l'atoll, que ses racines volcaniques moins perméables n'occupent sans doute qu'une petite partie des parois supérieures de la montagne. Il est possible, toutefois, que les sédiments riches en phosphate et en matière organique, et finement divisés, qui doivent s'accumuler au fond du lagon par suite du lessivage des roches phosphatiques de l'île, colmatent le fond et gênent la circulation de l'eau. En tout cas, à Clipperton, l'eau légèrement salée du lagon flotte sur de l'eau plus salée et plus lourde qui se trouve au fond du lagon et dans la montagne en dessous.

ANALYSE FAITE PAR LA QUALITY OF WATER BRANCH, U. S. GEOLOGICAL SURVEY
(en millièmes).

Numéro au laboratoire : 55153 - Lagon, Ile Clipperton.

Date : 1958.

Silice (SiO ₂)	1,2
Aluminium (Al)	0,3
Fer (Fe)	0,06
Manganèse (Mn)	0,00
Cuivre (Cu)	0,00
Zinc (Zn)	0,08
Calcium (Ca)	65
Magnésium (Mg)	133
Sodium (Na)	1 220
Potassium (K)	16
Lithium (Li)	0,4
Bicarbonate (HCO ₃)	72
Carbonate (CO ₃)	0
Sulfate (SO ₄)	80
Chlorure (Cl)	2 270
Fluorure (F)	0,00
Nitrate (NO ₃)	20
Phosphate (PO ₄)	0,3
Solides dissous :	
obtenu par calcul	3 840
résidu après évaporation à 180° C	4 370
Dureté totale ramenée à CaCO ₃	709
Dureté autre que carbonates ramenée à CaCO ₃	650
Alcalinité ramenée à CaCO ₃	59
Dioxyde de carbone libre (CO ₂) (Calc.)	18
Conductance spécifique (micromhos à 25° C)	6 690
pH	6,8
Couleur	5
Perte au feu	364

Malheureusement, je n'ai pas pu creuser de puits et je n'ai donc pas pu étudier la nappe aquifère à Clipperton. L'eau peut en être plus ou moins douce que celle du lagon et peut former une lentille indépendamment de l'eau du lagon. Il se peut aussi que l'eau légèrement salée du lagon s'étende latéralement sous la terre émergée et que les eaux du lagon et l'eau souterraine soient assimilables à une seule grande lentille de GHYBEN-HERZBERG. L'étude de la nappe aquifère grâce à des puits, et l'analyse de beaucoup plus d'échantillons d'eau profonde du lagon seraient d'une très grande valeur. Si l'on pouvait déterminer précisément le niveau de l'eau phréatique, et celui du lagon,

on pourrait calculer théoriquement le niveau jusqu'où l'eau presque douce s'étend en profondeur sous la terre et dans le lagon, en admettant que le fond du lagon et les parois de la montagne soient très poreux.

Les naturalistes qui plongeaient dans le lagon ont observé (HAMBLY, ALLISON, communications personnelles) que l'eau du lagon était en général trouble près de la surface, où elle était chaude; une couche d'eau claire et froide et encore presque douce se rencontrait vers une profondeur de 6 m. Dans un trou dont la profondeur totale ne put être déterminée, une couche d'eau noire, sentant fort l'hydrogène sulfuré, fut rencontrée à une profondeur de 20 m. Elle était plus salée au goût que celle des couches supérieures (cf. échantillon *e*, p. 48).

Les nombreux récifs morts (carte, fig. 1) qui se trouvent dans le lagon, en particulier dans sa partie sud, et qui s'élèvent presque jusqu'à sa surface, divisant le lagon en compartiments, et quelle que puisse être leur porosité, doivent gêner la circulation et le brassage de l'eau.

PROFONDEUR DU LAGON ET NATURE DU FOND

D'après les sondages de HENNIG (U. S. Hydrographic Chart, n° 1680, 1897 ed.), la profondeur maximale mesurée dans le lagon de Clipperton serait de 55 fathoms (100 m) dans la partie sud-ouest. Les ouvrages français qui indiquent des profondeurs de 100 m se basent probablement sur cette donnée. En admettant que les chiffres de HENNIG soient dignes de confiance, de telles profondeurs sont certainement très localisées. Pendant les explorations récentes, des sondages furent effectués (BYRD, TAYLOR), mais les résultats n'en ont pas été publiés. Une mosaïque préparée d'après les photographies aériennes de 1943 porte en surcharge des séries de mesures apparemment en pieds, qui doivent représenter les lignes de sondage mentionnées par BYRD (1943, vol. 1, p. 22). Le long d'une ligne qui va de la Baie de la Pince à l'angle est, des profondeurs de 38 à 60 pieds (11,5 à 18 m) sont indiquées au milieu du lagon, dans une région dépourvue de récifs. Une ligne nord-sud, partant de l'angle nord, indique un fond de 32 pieds (9,7 m) dans la partie nord-ouest du lagon. Une ligne allant du Camp des Naturalistes au Rocher traverse les plus grands fonds, de 42 pieds (12,8 m) juste au nord du Rocher à 120 pieds (36,5 m) au large de l'angle est de l'atoll. Lorsque les lignes passent au-dessus des récifs submergés du lagon, les profondeurs sont entre 4 et 7 pieds (1,2 et 2,1 m). En 1958, les naturalistes ont plongé jusqu'à 25 m. Ces indications fragmentaires sont très insuffisantes, et il serait très intéressant d'avoir une idée exacte de la configuration bathymétrique du lagon. La plus grande partie du fond se trouve probablement entre 10 et 20 m avec des trous et, inversement, des régions très peu profondes, en particulier près des bords. Le lagon n'est nulle part profond près des rivages, où les fonds sont soit de sable ou de vase, soit formés par l'extension des conglomérats phosphatiques de l'île. L'eau du lagon est généralement trouble près du bord, et les grandes masses de plantes vivantes et de débris végétaux morts gênent les observations. Au large, dans les régions d'eau profonde et libre de récifs, les plongeurs ont décrit le fond de la manière suivante (ALLISON et HAMBLY, communications personnelles; LIMBAUGH, rapport inédit de 1957) : au-delà de la frange

de plantes enracinées dans une vase épaisse, les sédiments deviennent moins épais et comprennent des plages de sable ou de gravier. Sur ces plages, et sur des pinacles de corail, des coquilles mortes de lamellibranches (*Codakia* sp.) et de gastéropodes (*Cypræa moneta*, *Hipponix antiquatus*) se trouvent en position de croissance. Plus au large, dans l'eau plus profonde et plus claire, on trouve des sédiments plus épais, avec des masses de corail qui s'élèvent au-dessus de cette vase. Les coraux morts du lagon forment soit des récifs actuellement sous 1 à 10 m d'eau (*Pocillopora* sp.), soit de grandes masses digitées d'une espèce de *Porites* à frondaisons horizontales, qui croît à partir de profondeurs assez grandes (25 m au moins), et qui existe aussi sur le bord externe de la terrasse de 10 fathoms. En effet, d'après ALLISON (HERTLEIN et ALLISON, 1960 *a* et *b*), les mollusques et coraux morts appartiennent à des espèces actuelles dont certaines se trouvent d'ailleurs aussi sur les pentes externes de l'atoll, à l'état vivant.

RÉCIFS ET ÎLOTS DU LAGON

Sur les cartes, et plus précisément sur les photographies aériennes, on voit que le lagon est traversé de nombreux récifs (carte, fig. 1) assez importants dont le plus frappant, triangulaire et à surface plane, se trouve près du Rocher. C'est le Grand Récif. Il semble qu'il affleure parfois et c'est probablement lui que BELCHER observa et indiqua sur sa carte comme un récif arrondi au milieu du lagon. Les sondages de HENNIG n'indiquent que de 7 à 15 cm (3-6 inches) d'eau au-dessus de ce récif. SNODGRASS et HELLER (1902) ont trouvé tous les récifs immergés d'au moins 60 cm (2 ft.), et en 1958 le Grand Récif était certainement sous plus de 7 à 15 cm d'eau; toutefois, les plongeurs heurtaient des genoux certains des récifs. Le trait le plus curieux de Grand Récif est la présence en son centre d'un trou ovale, le Puits sans Fond, où on a mesuré des profondeurs de 20 fathoms (36 m) (ARUNDEL et WHARTON, 1898). Le fort contraste entre le Récif et le Puits sur les photographies aériennes semble indiquer que ses parois doivent être très abruptes.

Lorsqu'on décalque le tracé des récifs sur les photographies aériennes (voir carte, fig. 1), leurs contours disséqués rappellent une surface karstique. Il se peut qu'ils représentent un karst, noyé de nos jours, mais formé à une époque où le niveau de l'océan était plus bas et où les anciens récifs émergeaient. Une formation peut-être comparable à ces récifs est le « maze » ou labyrinthe de l'île Pelsart décrit par DAKIN (1919) et interprété par FAIRBRIDGE (1948, pp. 17, 28 et pl. III). Dans ce cas, des organismes vivants croissent sur une plate-forme calcaire arasée plus ancienne. Dans le cas de Clipperton, les coraux et autres organismes appartenant à des espèces actuelles sont morts quand l'eau du lagon est devenue douce.

Le karst du lagon de Clipperton présente un aspect curieux et peut-être unique, de par la disposition grossièrement concentrique des récifs qu'il faudrait étudier en détail pour pouvoir l'interpréter.

Outre les récifs qui peuvent affleurer à certaines époques, le lagon de Clipperton contient un certain nombre de petits îlots rocheux. Le groupe le plus important est la chaîne des 5 îles Egg qui s'étend parallèlement et à une petite distance de la rive nord-ouest. Quatre sont très petits, le cinquième et le plus grand se trouve presque

en face de l'angle nord. D'autres très petits îlots se trouvent dans l'entrée de la Baie de la Pince et de l'Anse du Pouce. Ces derniers ont été souvent submergés pendant mon séjour, mais les oiseaux s'y tenaient debout malgré tout. Tous ces îlots sont de conglomérat calcaire phosphatisé comme les rivages qui leur font face. Au contraire, les 3 îlots situés face au côté sud du Rocher sont formés de la même roche volcanique que lui (pl. VII, fig. 24 et 25).

DESCRIPTION LITHOLOGIQUE

A l'exception du Rocher Clipperton, toutes les roches qui se trouvent au-dessus du récif platier à Clipperton sont presque entièrement d'origine organique et dérivent des squelettes calcaires d'animaux et de plantes, et du guano déposé par les oiseaux de mer. Les coraux sont de loin les éléments constitutifs les plus importants; les mollusques, foraminifères et autres animaux, et les algues calcaires, de même que les pierres ponce flottées, sont des éléments secondaires, bien moins importants que dans beaucoup d'autres atolls, tels que les îles Marshall. Le phosphate s'ajoute aux autres éléments en quantité appréciable.

Les sédiments varient comme taille depuis des limons et sables fins jusqu'à des blocs massifs. Une grande partie des sédiments sont meubles, et presque intacts, certains ont été altérés par pédogénèse, d'autres transformés en phosphorite, d'autres enfin sont cimentés en divers types de roches; celles de la terre émergée sont surtout des phosphorites, celles des plages, des calcarénites.

Le nombre des échantillons récoltés, et le degré de détail des observations sur le terrain ne suffisent pas pour permettre de dresser une carte lithologique. Le lieu d'origine des échantillons est indiqué sur la carte (fig. 1) par leur numéro, et la distribution des types lithologiques est donnée d'une manière générale dans la description morphologique de l'île. Le mémoire de M. A. OBERMÜLLER (1959) comprend une carte géologique en couleurs qui indique la distribution et la disposition des sédiments calcaires meubles et de roches phosphatées de deux teneurs différentes. En certains points, du fait de la généralisation inévitable de cette carte, j'ai prélevé des échantillons de sédiments meubles là où elle indique de la roche phosphatée. La carte, et le texte qui l'accompagne, ne concernent d'ailleurs que les phosphates indurés. La localisation sur l'île des types lithologiques parmi lesquels mes échantillons sont classés, est indiquée brièvement ci-dessous, mais la description morphologique et la carte de M. OBERMÜLLER permettent de s'en faire une idée plus précise. Les résultats des analyses chimiques sont réunis en fin de chapitre, p. 65. L'étude pétrographique détaillée des échantillons n'est pas terminée et ne sera pas envisagée ici. OBERMÜLLER donne une description de ses échantillons, des analyses et d'excellentes photographies des principaux types de roches et microphotographies de lames minces. Son mémoire peut donc utilement compléter notre description.

Les sédiments formant le récif n'ont pas été étudiés. Des échantillons de sédiments du lagon ont été récoltés par E. C. ALLISON.

Sédiments meubles.

La plus grande partie de l'île est couverte de sédiments meubles qui varient en épaisseur depuis des couches très minces de sable ou de graviers recouvrant en partie les formations consolidées, jusqu'aux masses épaisses de plusieurs mètres qui forment les levées de plage. Dans la plupart des cas, la puissance de ces dépôts n'a pas été mesurée.

Les sédiments meubles peuvent être grossièrement groupés d'après la taille des grains (WENTWORTH, 1953, p. 23; GUILCHER, 1954, p. 55) comme suit :

BLOCS ET GALETS. — Des dépôts calcaires détritiques, de la taille de blocs ou de galets (pl. VI et IV, fig. 20 et 13), se trouvent dans plusieurs parties de l'île face à l'océan et forment des crêtes de plage élevées (p. ex. angle nord) ou des champs de blocs (côte sud-est). Ces dépôts peuvent être bien triés ou, au contraire, être mélangés de graviers plus fins et de sable qui remplissent les interstices. La plupart des blocs sont arrondis, usés, et plus petits qu'une tête d'enfant. Quelques blocs beaucoup plus gros et de forme plus irrégulière peuvent se trouver parmi les autres ou isolés là où ils ont été rejetés par les tempêtes. Un tel bloc, reposant sur l'étendue de gravier de la côte nord-est, mesure 90 cm de long à la base et 75 cm de haut. C'est un morceau de corail, revêtu d'une croûte de coquilles de mollusques (*Vermetidæ*). D'autres blocs de taille comparable ont été rejetés très loin sur la terre émergée. Les gros blocs et les galets arrondis proviennent de colonies de corail massives et semblent ne représenter qu'un nombre d'espèces très limité. Aucun échantillon de ce type de roche n'a été récolté.

GRAVIER. — Un type de sédiment très important à Clipperton est un gravier (pl. IV et VII, fig. 12 et 23), formé presque exclusivement de morceaux de corail branchus représentant probablement une ou plusieurs espèces de *Pocillopora*. Certains fragments sont peut-être un peu grands pour être rangés dans cette classe, mais la plupart correspondent mieux à cette catégorie qu'à celle des galets. Ces graviers forment une grande partie des crêtes de plage tout autour de l'île, par exemple le long du côté nord-ouest, le long du bosquet de cocotiers du sud-ouest (pl. IV, fig. 12) et au sud de l'île, entre la Baie du Rocher et le récif. Certaines de ces levées s'étendent largement vers l'intérieur en formant des champs détritiques, comme sur le côté nord-est, à l'angle nord et sur l'Isthme le long de la Baie du Rocher. Les fragments coralliens de ces champs ont probablement été répandus à la surface pendant des tempêtes, et, dans certains cas, ont été transportés jusqu'au lagon où ils forment des cordons littoraux (cf. p. 69 et pl. VII, fig. 23). Les échantillons suivants représentent ce type de roche :

ECHANTILLON 7 c. — Formé de fragments de corail de 4 à 7 ou 7,5 cm de long et jusqu'à 3 ou 4 cm de large, assez bien classés, presque tous blancs. La plupart des fragments sont des morceaux branchus de corail apparemment inaltéré, assez usés et arrondis, mais parfois d'aspect très frais, ou encore des cailloux arrondis recouverts d'autres organismes tels que mollusques ou algues

calcaires. L'échantillon est probablement trop petit pour être tout à fait représentatif et devrait inclure des morceaux plus gros. Il vient du versant externe de la levée de plage, en face du bouquet de cocotiers du sud-ouest.

ECHANTILLON 4. — Fragments de 3 ou 4 à 7 ou 7,5 cm de long, et de largeur variable jusqu'à 4 cm, colorés en gris (gris-noir quand ils étaient frais) par des algues microscopiques. Les fragments sont des morceaux branchus de corail, un peu usés mais avec des arêtes et des angles très aigus. Par la taille, ils ressemblent beaucoup à ceux de l'échantillon 7 c, mais leurs arêtes coupantes sont bien différentes des formes arrondies des fragments de ce dernier. Le gravier représenté par l'échantillon 4 est répandu sur le sol en une couche mince discontinue, souvent d'un seul fragment en épaisseur, près de l'angle nord de l'atoll. En dessous se trouve une couche de conglomérat (cf. échantillon 4 a) ou un sol à éléments fins.

ECHANTILLON 25. — Gravier très semblable à celui de l'échantillon 4, mais avec des fragments de corail de 6 à 13 cm de long et de 3 à 6 cm de large, ou plus. Les morceaux sont très branchus avec des arêtes aiguës et sont colorés en gris foncé ou presque noir par des algues microscopiques incrustées. Ils sonnent un peu lorsqu'on les frappe l'un contre l'autre ou avec un marteau. Le corail est un peu altéré et facile à casser; par endroits même il est friable. Ce type de gravier, formé de branches assez grandes, rend la marche extrêmement pénible. Cet échantillon provient du côté interne de la crête de plage au sud-ouest de l'atoll.

GRAVIERS FINS, SABLES, LIMONS ET MÉLANGES. — La plus grande partie des sédiments à Clipperton appartiennent à ces classes granulométriques, mais sauf dans le cas des sables de plages, ils sont rarement bien triés et se trouvent surtout en mélanges de fragments de tailles différentes. La plus grande partie de la terre émergée à couvert végétal, est formée de tels mélanges. La plupart de ces sédiments, sauf les sables des plages et ceux qui forment les couches superficielles des sand washes, sont très phosphatiques et contiennent un peu de matière organique, montrant une certaine évolution pédologique. Les sols sont décrits dans un autre chapitre (cf. p. 75).

ECHANTILLON 19. — Mélange très hétérogène de petit gravier de corail altéré et de fragments écailleux de croûte phosphatique jusqu'à 2 ou 3 cm de diamètre maximum, et plutôt assez minces, avec un peu de sable grossier formé des mêmes matériaux. Brun-gris clair, avec des taches plus claires. Certains cailloux colorés par des algues. Quelques coquilles ou fragments de coquilles, arêtes de poissons, plumes, etc. Vient d'une dépression dans le conglomérat (échantillon 18) qui forme une des petites îles Egg.

ECHANTILLON 34. — Mélange hétérogène de petits cailloux de corail jusqu'à 3 cm de diamètre maximum, légèrement altérés mais encore difficiles à écraser, de morceaux de conglomérat phosphatique et de sable de plusieurs calibres, y compris un peu de limon. Le tout à l'état sec est gris-brun tacheté d'éléments plus clairs, voire blancs. La partie fine (34 a) très phosphatique, la fraction grossière (34 b) moins. L'échantillon est parfaitement meuble. Quelques feuilles mortes et quelques coquilles d'escargot vides.

Ce mélange forme un dépôt de surface près du Camp des Naturalistes et, à l'endroit du prélèvement (entre le Camp et le lagon), avait au moins 20 cm de profondeur. Non loin, il était recouvert d'une couche de sable d'épaisseur variable, 8 à 10 cm à l'endroit observé.

ECHANTILLON 36. — Mélange de petits fragments de corail, en partie altérés, et de morceaux de ciment phosphatique, le tout gris à blanc grisâtre. Très riche en phosphate.

Ce matériel est un échantillon de phosphate commercial de Clipperton, reçu de la Pacific Chemical and Fertilizer Company à Honolulu, grâce à M. RONALD Q. SMITH. Cet échantillon est décrit ici bien qu'il représente peut-être un mélange artificiel, obtenu par concassage du conglomérat phosphatique et triage.

ECHANTILLON 7 B. — Sable calcaire fin, de calibre assez homogène, presque blanc mais avec quelques fragments marrons. Lorsqu'on fait bouillir une petite quantité de ce sable dans une solution de nitrate de cobalt (réactif de Meigen), qui teinte l'aragonite en violet et laisse la calcite blanche, presque tous les grains deviennent violets, il ne reste qu'une très petite fraction de grains blancs. D'une manière générale, les coraux ont des squelettes d'aragonite, les coquilles de mollusques contiennent des proportions d'aragonite et de calcite variables suivant les espèces, les algues calcaires rouges, les échinodermes et les foraminifères sont formés de calcite. Le sable 7 B provient de la plage du sud-ouest, en face du bosquet de cocotiers (pl. IV, fig. 12).

ECHANTILLON 1. — Sable à grain moyen ou fin, avec quelques fragments plus grossiers, et morceaux de coquilles; la fraction fine provient surtout de coraux mais comprend des éléments d'origine très diverse; l'ensemble gris-brun clair coloré en verdâtre ou vert pâle à l'état frais, parfaitement meuble à l'exception de fragments de quelques millimètres de diamètre formés de grains fins liés par des filaments d'algues et provenant sans doute de la croûte mince qui se forme à la surface du sable sec. La couche verte, de 0,5 à 1 cm d'épaisseur, repose sur un sable représenté par l'échantillon 2.

ECHANTILLON 2. — Très semblable au précédent, mais avec peut-être une plus grande fraction d'éléments moyens ou grossiers, couleur crème rosée, sans trace de vert et sans fragment de croûte d'algues. Lorsqu'on le traite par le réactif de Meigen, la grande majorité des grains sont teintés en violet, mais la proportion de grains blancs est plus grande que dans le sable 7 B. Sables 1 et 2 prélevés en haut de la plage de tempête en face du Camp des Naturalistes.

ECHANTILLON 7 A. — Mélange de fragments de corail altéré, jusqu'à 2,5 cm de long, avec un peu de sable grossier et fin, et une large proportion de limon, soit meuble, soit aggloméré en petits granules friables atteignant la taille de grains de sable grossier; herbe et racines séchées, et nombreuses petites coquilles d'escargot. Couleur d'ensemble gris-brun tacheté de plus clair. Couche superficielle dans le bosquet de cocotiers du sud-ouest, entre les groupes de palmiers.

ECHANTILLON 14-1 (pl. IX, fig. 31). — Mélange de petits fragments de corail très altéré et très friable, allant de la taille d'un sable grossier à des morceaux de 1 cm de diamètre, avec du limon, surtout aggloméré en granules fermes mais friables, allant jusqu'au calibre d'un sable grossier, et quelques fragments de racines. Gris-brun tacheté de blanchâtre à l'état sec, brun pâle à l'état frais, formant une couche de 10 à 15 cm reposant sur l'échantillon 14-2.

ECHANTILLON 14-2. — Morceaux de corail de taille irrégulière jusqu'à 5 cm ou plus de long; la partie externe (14-2 a) gris-marron terne et phosphatisée, la partie interne (14-2 b) montrant encore la structure du corail, blanchâtre, friable; les interstices sont remplis de sable fin ou grossier avec un peu de limon, apparemment dérivés du même corail, gris-brun clair. Les échantillons 14-1 et 14-2 ont été récoltés sur l'Isthme, à la base de la Pointe du Pouce.

ECHANTILLON 11-1. — Limon brun foncé très humifère contenant de nombreux fragments de feuilles, tests de crustacés, os d'oiseaux, petits fragments de corail altéré, racines, bois décomposé et autres restes organiques, un peu collant à l'état frais, aggloméré en mottes mais friable à l'état sec. Très nombreux vers de terre. Forme une couche de 8-10 cm d'épaisseur passant brusquement à 11-2.

ECHANTILLON 11-2. — Mélange de fragments de corail (11-2 b) très altérés, jusqu'à plusieurs centimètres de long, et abondant limon aggloméré en grains du calibre d'un sable, fermes mais friables (11-2 a). Brun à brun clair; partie externe des morceaux de corail jaune à ocre, et friable; partie interne blanche, moins friable, et montrant encore la structure du corail. Racines, petits morceaux de bois en décomposition et autres éléments d'origine organique abondants.

Forme une couche d'au moins 10 cm d'épaisseur, les morceaux de corail devenant plus abondants et plus clairs en profondeur. Les échantillons 11-1 et 11-2 ont été récoltés sous les cocotiers, à la base de la face est du Rocher.

ECHANTILLON 21. — Limon gris-brun, en partie aggloméré en granules, friables à l'état sec, mélangé avec une fraction très importante de fragments blanchâtres et crayeux jusqu'à 1 cm de diamètre, allant de très friables à assez durs : on peut les casser entre les doigts mais non les écraser. Petites racines assez abondantes. Beaucoup des fragments crayeux paraissent être des morceaux de ciment phosphatique. Ressemble beaucoup à l'échantillon 22, mais est encore plus riche en phosphate et contient beaucoup plus de fragments crayeux. Forme la couche superficielle au fond d'une longue tranchée peu profonde près de l'angle ouest du lagon (cf. pp. 77-78). Il semble que le phosphate ait été récolté en creusant cette tranchée, et empilé en tas situés tout près, et sur l'un desquels l'échantillon 20 a été prélevé.

ECHANTILLON 20. — Très semblable à 21, plus clair et avec une plus grande proportion de morceaux crayeux dont certains montrent encore la structure corallienne. Ces deux échantillons sont riches en phosphate.

ECHANTILLON 22. — Limon de couleur brun-gris uniforme (chocolat très clair à l'état frais), aggloméré en grumeaux, friables à l'état sec si on les écrase fortement, avec quelques fragments plus clairs, crayeux et friables, quelques racines. Forme la couche superficielle, épaisse de 8-15 cm, reposant sur l'échantillon 23.

ECHANTILLON 23. — Représente une couche de morceaux agglomérés, de forme irrégulière, gris pâle, fermes mais friables, crayeux, pulvérulents quand on les écrase dans les doigts, inclus dans un sédiment de grain plus fin mais apparemment de la même nature. Examiné de près, cet échantillon a l'apparence d'un sable corallien à demi-consolidé et qui a subi une altération crayeuse. L'analyse montre qu'il est riche en phosphate. Ces deux échantillons proviennent d'une aire de sol très fin de la région nord-ouest de l'atoll, plus près de l'océan que du lagon.

ECHANTILLON 31. — Matériel concassé semblable à 23. Provient d'un tas situé au nord du grand groupe de cocotiers du sud-ouest, probablement un tas de phosphate prêt à être chargé.

ECHANTILLON 15. — Limon brun foncé, en partie aggloméré en grumeaux friables et mélangé avec des cailloux de corail très altéré jusqu'à 2 cm (rarement 3) de diamètre. Débris végétaux, os, coquilles d'œufs, plumes, etc. Forme la couche superficielle dans les couloirs qui traversent le Rocher Clipperton.

ECHANTILLON 32. — Litière en décomposition, brun foncé, contenant surtout des débris de frondes, racines et autres organes de cocotier, mélangés avec des morceaux de corail plus ou moins altérés et des fragments qui semblent être du ciment phosphatique; certains morceaux de corail jusqu'à 3 ou 4 cm de long, la plupart bien plus petits. Forme une couche épaisse à la surface du sol à l'intérieur d'un bosquet de cocotiers très dense dans le sud-ouest de l'île.

ECHANTILLON 3. — Limon gris crèmeux clair, pulvérulent mais légèrement aggloméré en granules friables jusqu'à 1 cm de diamètre, avec une très petite fraction de sable fin à grossier, et de rares cailloux de corail arrondis, ces derniers très altérés et d'apparence crayeuse, friables si on les écrase avec force.

Forme une petite traînée parmi les coraux branchus de la nappe de gravier du nord-est, et s'étend probablement au-dessous, représentant un témoin de la couche superficielle originale.

ECHANTILLON 5. — Limon d'un gris-brun, légèrement aggloméré en grumeaux friables jusqu'à 5 mm ou plus de diamètre, en général de moins de 3 mm, mélangé à une fraction impor-

tante de cailloux de corail très usés jusqu'à 3-4 cm de diamètre maximum, apparemment peu altérés. Très peu de grains de la taille de sable. Couche superficielle de la bande de terre émergée, près du nord de l'île.

ECHANTILLON 6. — Limon d'un brun foncé tacheté de plus clair, avec une mince couche superficielle d'un gris très clair, associé à une très petite fraction d'éléments sableux, quelques coquilles et quelques fragments de corail anguleux. Ce sédiment est plastique quand il est mouillé, et à l'état frais avait une légère odeur d'H₂S. A l'état sec, il est d'un gris clair à gris-brun, friable. Il est très riche en phosphate. Il provient d'une vasière parfois inondée par les eaux du lagon, et bordée de Cypéracées, à l'extrémité nord du côté nord-est de l'atoll.

Certains des tas, qui représentent peut-être du phosphate prêt à être expédié, sont formés en partie de matériau meuble et assez fin (cf. échantillons 20, 31). On a généralement considéré que le phosphate commercial provenait des conglomerats. Ceci paraît indiqué par le petit échantillon de phosphate exporté, n° 36. Quels que soient les faits, la présence à Clipperton de sédiments phosphatés très fins n'a jamais encore été clairement mentionnée dans les publications sur l'île (cf. p. 59). Dans son journal inédit (cf. p. 22), ARUNDEL discute d'un échantillon de phosphate de Clipperton qui, si on le séchait jusqu'à 10 % d'humidité, « serait alors comme de la farine, et très difficile à transporter ». Plus loin, en décrivant son travail de prospection et d'échantillonnage, il mentionne très souvent des « alluvials » qui apparemment représentent des matériaux phosphatiques meubles, de couleur brune ou parfois plus claire, mais qu'il ne décrit nulle part.

Sédiments consolidés.

A l'exception des roches récifales qui n'ont pas été étudiées, les sédiments consolidés sont de deux types principaux : conglomerats de plage et conglomerats phosphatiques.

CONGLOMÉRATS DE PLAGES

ECHANTILLON 17 (pl. IX, fig. 32). — Gravier de corail roulé, la plupart des cailloux d'environ 1-2 cm de plus grand diamètre, mais certains beaucoup plus gros, dans une pâte de sable calcaire moyen ou grossier et de fragments de coquilles, fermement cimentée en surface, moins en profondeur et qui peut être légèrement écrasée dans les doigts à une profondeur de 2-3 cm. Teinte générale blanc rosé, surface colorée en vert par des algues sur une épaisseur de 5-10 mm. Provient d'une des dalles de beach rock (pl. II, fig. 3), de la côte nord-est (cf. p. 39).

ECHANTILLON 28 (pl. IX, fig. 33). — Dalles détachées semblables au n° 17 mais de structure plus fine, beaucoup plus dures, beaucoup plus compactes et plus profondément lithifiées, légèrement polies par l'action des vagues. Couleur blanc rosé, la face supérieure légèrement teintée de verdâtre par des algues, mais beaucoup moins que dans les dalles *in situ*. Dalles récoltées à la surface de la bande de terre émergée non loin du Camp des Naturalistes. Elles ont apparemment été lancées à cette grande distance par les vagues de tempêtes, car elles reposent sur des tiges d'*Ipomœa*.

ECHANTILLON 29. — Sable à grain moyen ou grossier, à demi induré, la surface assez plate et plus dure, mais encore facilement écrasée entre les doigts. Lié par un sable très fin. L'induration s'étend sur 2 ou 2,5 cm d'épaisseur mais va s'affaiblissant. Couleur blanc crème, la face supérieure teintée de gris-vert par des algues sur 5 mm d'épaisseur, de même que la face verticale libre de la plaque. Cailloux de corail inclus assez fréquemment. La plaque reposait sur un sédiment meuble assez semblable mais avec peut-être moins d'éléments fins. Cette roche n'est sans doute pas un beach rock au sens propre puisqu'elle n'est que partiellement consolidée et se trouve au-dessus du niveau de la haute mer.

CONGLOMÉRATS PHOSPHATIQUES

Les conglomérats qui affleurent sur de grandes étendues de l'atoll ont été décrits précédemment (cf. pp. 42-44). La distribution originelle et l'étendue de ces roches, de même que celles des limons et sables phosphatiques qui peuvent les recouvrir ou les remplacer en surface, sont inconnues parce que de grandes quantités de phosphate ont été extraites de l'île pendant une durée d'environ 20 ans.

On considère généralement, comme on l'a dit plus haut, que le phosphate commercial de Clipperton provenait des conglomérats. SNODGRASS et HELLER (1902) écrivaient que lorsqu'une formation de bonne qualité se rencontrait, elle était récoltée, concassée en petits morceaux, séchée, ensachée et expédiée sans autre préparation; SNODGRASS en rapporta des échantillons, mais ils n'ont jamais été décrits ou analysés. ELSCHNER (1913) publia une analyse (cf. p. 65), faite par GILBERT, sur un échantillon commercial. L'analyse est citée par LACROIX (1939). ELSCHNER décrivit le produit qu'il observa dans une usine à Honolulu comme étant en partie une substance blanche comme de la craie et en partie une poudre grossière gris jaune, le tout mélangé de cailloux assez durs. Le conglomérat phosphatique en place n'avait jamais été décrit d'une façon détaillée avant les travaux de M. A. G. OBERMÜLLER (1959). Je n'ai pas retrouvé tous les types de phosphate qu'il a découverts, et, inversement, je n'ai pas toujours pu ranger mes échantillons dans les catégories qu'il décrit, bien que j'aie pu étudier les siens de très près puisqu'il a bien voulu m'en donner des fragments. Ma collection contient des types de roches qui ne sont pas représentées dans la sienne. Ces différences sont faciles à comprendre puisque nous n'avons l'un et l'autre passé que quelques jours sur l'île, bien insuffisants pour une étude complète. Les collections se complètent. Dans la mesure du possible, mes échantillons sont rangés ci-dessous dans les catégories décrites par M. OBERMÜLLER.

Il distingue trois types principaux de roche phosphatée, cuirasse, carapace et agrégats, mais remarque qu'il existe des types intermédiaires et que les trois types sont des stades de consolidation et d'enrichissement en phosphate du corail; les agrégats représentant un stade de début, et la cuirasse le stade le plus avancé et le plus riche en phosphate.

Les *agrégats* sont (p. 58) « des fragments de coraux plus ou moins roulés, légèrement phosphatiques, et dont les points de contact sont « cimentés » par une matière phosphatique ». La *carapace* est plus compacte, mais encore vacuolaire, blanc crème ou brunâtre, « renfermant de nombreux fragments de coraux reliés par un ciment plus ou moins compact, souvent friable et phosphatique ». Dans la *cuirasse*, la phosphatisa-

tion est plus avancée, le conglomérat plus compact. En place, il se montre encore parfois vacuolaire, mais les méats entre les fragments de coraux sont petits.

Des prélèvements faits par M. OBERMÜLLER sur les tas de stock de phosphate représentent la roche la plus massive, et un échantillon (AO-15-Cl. 57) est une roche d'aspect crayeux, presque dépourvue de restes de coraux, et formée de phosphate de chaux presque pur. Dans d'autres échantillons (cf. AO-14-Cl. 57), une substance semblable se retrouve entre des restes de fragments coralliens (ou du moins entre des cavités portant des empreintes de pores de coraux) et avec un matériau phosphatique rubané d'une structure bien différente. La comparaison de ces échantillons 15 et 14 m'amène à penser que les canaux vermiculaires du n° 15, interprétés par M. OBERMÜLLER comme des traces de radicelles végétales, sont plutôt l'ultime vestige de la structure vacuolaire originelle qui demeure après que les cavités aient été presque entièrement remplies par le ciment. Ces deux échantillons remarquables représentent des types de roche que je n'ai pas retrouvés.

Parmi les types que je n'ai pas vus dans la collection de M. OBERMÜLLER, le plus curieux est celui qui est représenté par mes échantillons 27 A et 18. Dans ces roches, la cimentation du corail par une substance phosphatique dure, porcelanée, rubanée, s'est apparemment continuée par la dissolution des fragments de corail, et il n'en reste que le moule des pores à la surface des cloisons phosphatiques. La roche est dense, mais non compacte, elle ressemble à une éponge de pierre (pl. IX, fig. 35, 36, pl. X, fig. 37). Les échantillons 27 A et 18 viennent de points peu élevés au-dessus du lagon et la dissolution peut avoir été effectuée par l'eau du lagon. Dans d'autres échantillons qui se rapprochent de ces derniers, des restes de fragments de corail subsistent dans des cavités entre les piliers de ciment phosphatique, mais ils sont en partie dissous (pl. X, fig. 38 et 39) et libres dans la cavité où on peut les faire remuer comme dans un grelot, et d'où on pourrait les extraire (cf. échantillon 4 a). Ces roches ont été prélevées ou observées en haut de la bande de terre émergée, bien au-dessus de l'eau du lagon, et la dissolution doit être effectuée par l'eau de pluie.

Ce type de roche est très remarquable, mais peu abondant sur l'île. Je n'ai trouvé aucune description d'une formation comparable dans la littérature sur les îles de corail ou sur les phosphates des îles du Pacifique.

ECHANTILLON 4 a. — Petits cailloux de corail dans un ciment assez abondant, poreux, probablement phosphatique. La face supérieure est formée presque uniquement de ciment, qui constitue les cloisons d'une surface à alvéoles peu profonds; les cloisons sont marquées par les moulages des pores du corail. Roche grise à noire, teintée par des plantes microscopiques. La face inférieure est blanche à brun clair. Plusieurs fragments de corail sont encore inclus dans le ciment. La cassure de l'un d'eux montre une structure cristalline au centre, et la surface a été en partie dissoute, de sorte que le morceau de corail remue quand on secoue l'échantillon et pourrait facilement être extrait de son moule de ciment. Cet échantillon ne correspond pas très bien aux catégories d'OBERMÜLLER, mais est probablement un aspect du type carapace. Il vient d'une région indiquée comme une zone de carapace sur la carte d'OBERMÜLLER. Il était trop petit pour qu'on en prélève une partie pour l'analyser. L'échantillon 4 a a de 2 à 5 cm d'épaisseur et provient d'une zone de dallage mince assez étendue, reposant sur un sol meuble assez fin (cf. n° 5) et recouverte par places de gravier (cf. n° 4) ou de sable, vers l'angle nord de l'île.

ECHANTILLON 10 (pl. IX, fig. 34). — Conglomérat de coraux branchus de tailles diverses, inclus dans un ciment de sable et de petits fragments de corail en partie dissous. Les branches de

corail sont devenues friables. La face supérieure de l'échantillon est irrégulière et rugueuse, et colorée de brun clair à verdâtre ou noir par des algues microscopiques. La roche est très vacuolaire, certains des méats représentant des moules en creux de morceaux de corail qui ont été dissous ou en partie dissous et détachés, laissant le ciment phosphatique plus dur. La cassure à la face inférieure de l'échantillon est blanche ou jaunâtre, très poreuse, montrant la structure interne des fragments de corail brisés. La partie inférieure se rapproche probablement d'une carapace, ou est intermédiaire entre la carapace et la cuirasse, mais la partie supérieure alvéolaire est du type non décrit par OBERMÜLLER. Le pourcentage de phosphate (P_2O_5) est plus comparable à celui d'une cuirasse que celui d'une carapace.

L'échantillon provient d'un petit surplomb de conglomérat juste au-dessus du niveau du lagon, dans la région immédiatement à l'est de la Pointe du Pouce, le long de l'Isthme.

ECHANTILLON 27 A (pl. IX, fig. 35 et 36). — Roche profondément vacuolaire, formée de cloisons de 1-2 mm d'épaisseur, parfois plus. Elles sont marquées par les moulages des pores du corail et la roche est probablement ce qui reste d'un conglomérat corallien dont toutes les branches de corail ont été dissoutes, laissant subsister le ciment. La forme des cavités indique que les morceaux de corail étaient assez grands, souvent branchus; certains moules de branches ont de 4 à 7 cm de long, et les fragments devaient être comparables, par la taille, à ceux qui forment la plus grande partie des crêtes de plage (cf. échantillons 4, 7 c, 25). La roche entière est d'un brun rougeâtre assez clair, teintée par places par des algues. Les cassures des cloisons sont brun clair, rubanées ou litées, très compactes et de structure fine, presque porcelanée. A l'analyse, ce ciment se montre comme du phosphate de chaux presque pur. Cette roche n'appartient à aucune des classes décrites par OBERMÜLLER (cf. p. 59). Elle vient de la même région que le numéro 27, mais se trouve plus près du bord du lagon.

ECHANTILLON 18 (pl. X, fig. 37). — Très comparable à 27 A: des branches de corail qui avaient été cimentées en un conglomérat ont été presque complètement dissoutes. Il en reste une masse profondément vacuolaire de ciment dur, brun, à structure fine, qui porte la trace des coraux en moule creux. Les pores du corail sont visibles sur les moulages. Par endroits, la structure du corail se retrouve encore, mais les fragments sont apparemment phosphatisés. Cette roche a le pourcentage de phosphate le plus élevé de tous les échantillons analysés. Les cloisons de ciment ont la même apparence rubanée et porcelanée que celles de 27 A, mais sont plus épaisses par endroits. La principale différence entre cet échantillon et 27 A est le fait que la face supérieure est couverte d'un mince dépôt lisse, blanc brillant, presque vitreux, provenant probablement du guano frais et peut-être poli par le piétinement des oiseaux. Une couche semblable se retrouve à la surface de l'échantillon 28 (prélevé sur l'Isthme) d'OBERMÜLLER, et un enduit comparable, mais formé de phosphate d'alumine (LACROIX, 1939, p. 301), se rencontre abondamment sur le Rocher.

ECHANTILLON 27 (pl. X, fig. 38 et 39). — Dense conglomérat de petits cailloux de corail très usés inclus dans un ciment sableux abondant. Comme dans l'échantillon 4 auquel il ressemble un peu, sinon par la taille et la forme des morceaux de corail, la surface est alvéolaire, les fragments de corail ayant été dissous et le ciment restant pour former les cloisons basses des alvéoles qui portent des moulages des pores du corail. Cette surface alvéolaire est gris clair ou verdâtre, probablement teintée par des végétaux microscopiques, et a 2 cm d'épaisseur environ; les cloisons de ciment sont très minces à l'extérieur, plus épaisses (2-3 mm) à la base; plus profondément, la roche est compacte et formée de morceaux de corail blancs inclus dans un ciment crème, assez grossier et un peu friable. A l'analyse, les cailloux de corail (27-1) se montrent légèrement phosphatisés, le ciment (27-2) très riche en phosphate. Cette roche est probablement intermédiaire entre carapace et cuirasse parce que la partie inférieure est très comparable à la carapace, mais la zone superficielle, sauf en ce qui concerne la surface alvéolaire, est semblable à certains aspects de la cuirasse. Cet échantillon représente assez typiquement le conglomérat de grandes surfaces de gradins ou dallages phosphatiques. Il vient du sud-ouest de l'atoll, d'une région où plusieurs séries de gradins s'alignent parallèlement au rivage du lagon. Le numéro 27 vient du groupe de gradins le plus proche du lagon.

ECHANTILLON 24. — Les morceaux de conglomérats de cet échantillon sont assez légers et friables. Les fragments de coraux, de taille diverse, sont inclus dans un ciment grossier qui contient des grains de corail. Les morceaux de corail sont des galets arrondis de 8 cm ou plus dans leur plus grande dimension, et des cailloux. Les galets et cailloux sont blancs et certains sont assez tendres pour qu'on puisse les marquer profondément de l'ongle. La partie externe du conglomérat est gris foncé, recouverte par places d'une croûte mince d'un gris-bleu clair, peut-être formée par des végétaux microscopiques. Le ciment et les grains de corail qu'il contient sont blancs ou blanc jaunâtre. Sauf dans de petites parties de sa face supérieure légèrement alvéolaire, cette roche ne montre pas de cloisons de ciment dur et porcelané comme en ont les échantillons 10, 27 et plus particulièrement 18 ou 27 A. A l'analyse, on trouve un pourcentage de phosphate plus faible que dans les échantillons précédents. Le numéro 24 se range probablement dans la catégorie carapace, mais tend en profondeur vers l'agrégat de coraux. Cette roche forme une série de marches peu élevées, séparées par des dallages assez larges, dans la même région de l'atoll que la série de gradins représentée par le numéro 27, mais plus loin vers l'intérieur.

ECHANTILLON 35. — La face supérieure de ce conglomérat est colorée en vert ou brun par une croûte desséchée d'algues cyanophycées (*Lyngbya*). Les cassures latérales montrent des morceaux de corail blancs ou jaunâtres inclus dans un ciment grossier, plus foncé. Le degré d'altération des morceaux de corail varie. Certains, récemment brisés, ont encore une structure cristalline à l'intérieur, avec, tout autour, une couche blanc terne de 1-3 mm. Les autres sont ternes sur toute leur épaisseur et parfois très friables. Certains morceaux du prélèvement sont formés seulement de grandes branches de corail cimentées; mais dans certains autres un gravier très fin, à grains de calibre variable, et lui-même inclus dans le même ciment jaunâtre, remplit les interstices entre les branches. Par places, les grains de corail paraissent avoir été dissous et le ciment forme des cloisons minces comme du papier et arrangées en une structure alvéolaire en miniature, semblable à ce qu'on observe en plus grand dans les échantillons 27 et autres. Certains grains de sable grossier, d'aspect assez frais, peuvent avoir été déposés dans les interstices après la cimentation des branches de corail. La roche est phosphatique, mais moins que celles décrites précédemment; elle se place entre carapace et agrégats de coraux, les différentes fractions étant proches soit d'un type soit de l'autre. Cet échantillon a été prélevé sous l'eau, au bord du lagon, un peu au nord du Camp des Naturalistes où la roche conglomératique forme une berge peu élevée au-dessus du lagon et s'étend sous l'eau.

ECHANTILLON 33 (pl. X, fig. 40). — Plusieurs morceaux d'une roche corallienne partiellement indurée. Des cailloux roulés et usés de corail blanc, de 1,5 à 5 cm de long, sont couverts sur une partie de leur surface par une croûte jaunâtre qui les lie à leurs points de contact, laissant des vides entre les cailloux. Parfois, le ciment est plus abondant et les vides plus restreints, ou les espaces peuvent être remplis par un sable fin couleur chocolat au lait clair, probablement phosphatique. Dans certains morceaux du prélèvement, on reconnaît le début de la formation d'une surface alvéolaire : certains des morceaux de corail sont dissous en surface et détachés des cloisons minces de ciment. Sauf dans cet aspect, la roche est un agrégat de corail typique. L'analyse montre que le pourcentage de phosphate est faible.

Cet échantillon provient de la falaise du lagon, un peu au nord-ouest du Camp des Naturalistes (décrite p. 43, pl. V, fig. 16 et 17). La partie supérieure de la falaise, sur une épaisseur de 15 à 20 cm, a une structure comparable à celle des gradins des autres régions de l'île et consiste en un conglomérat de fragments de corail dans un ciment foncé et dense. A cet aspect se substitue vers le bas une formation beaucoup plus épaisse de cailloux partiellement cimentés; dans la partie supérieure du moins, les espaces sont remplis par un sable fin. L'échantillon 33 représente cette partie de la falaise. Les cailloux légèrement cimentés peuvent être détachés aisément d'un coup de marteau.

Les falaises du lagon, sur le côté nord-est, entre la Pointe Verte et le Camp des Naturalistes, bordent la région recouverte, par la tempête de 1957-1958, d'une couche fraîche de gravier de corail. Le conglomérat de cailloux légèrement cimentés, représenté par l'échantillon 33, avait apparemment été exposé à l'époque de la tempête par la destruction de la paroi plus indurée

et compacte de la falaise. Des masses de roche plus dure et de couleur plus sombre qui se trouvaient au pied de la falaise en avaient évidemment été détachées, et quelques piliers saillants qui en faisaient encore partie avaient le même aspect. Ces piliers, de même que le couronnement de la falaise, sont formés d'un type de roche dure, alvéolaire, semblable à celle que représente l'échantillon 27 A, donc où une bonne partie du corail est dissous, laissant demeurer les cloisons de ciment phosphatique dur et d'un brun rougeâtre foncé. Dans les falaises non sapées par la tempête récente, le bord supérieur et les parois verticales consistent en un conglomérat foncé comparable à celui des gradins phosphatés les plus compacts. On a peut-être là un cas de durcissement à l'air (case-hardening) du conglomérat, compliqué par l'action de l'eau de pluie.

Entre la falaise sapée par la tempête de 1957-1958 et le bord du lagon s'étend un banc de gravier de corail (pl. V, fig. 16). La plus grande partie du gravier a probablement été rejetée par la tempête par-dessus toute la largeur de l'île, mais il paraît s'y ajouter des cailloux détachés de la partie exposée et mal consolidée de la falaise. Les proportions des graviers de provenance diverse n'ont pas pu être étudiées en détail faute de temps.

Roche volcanique.

La roche volcanique qui forme le Rocher Clipperton est en général, sur les cassures fraîches, d'un gris clair plus ou moins teinté de bleu ou de rouge. La roche intacte n'a encore jamais été atteinte, car le dôme est altéré superficiellement et jusqu'à une profondeur inconnue, mais au moins de 30 à 60 cm, et phosphatisé. Même les échantillons paraissant les plus frais montrent déjà une certaine altération.

AGASSIZ (1894), TEALL (1898), LACROIX (1939) et OBERMÜLLER (1959) ont publié des descriptions et analyses de cette roche. Les deux derniers auteurs en donnent une description pétrographique détaillée avec, dans le cas du mémoire d'OBERMÜLLER, de belles photographies de la roche et de lames minces. Suivant sa classification des roches volcaniques, LACROIX définit la roche de Clipperton comme un « rhyolitoïde à la limite d'un trachyte ». La plupart des auteurs l'appellent trachyte. Mes échantillons n'ont pas encore été étudiés, mais les travaux détaillés de LACROIX et OBERMÜLLER peuvent être consultés. Ils décrivent, entre autres, la phosphatisation progressive de la roche. Nous nous contenterons de citer le résumé de M. OBERMÜLLER (pp. 54-55) :

« Abondance de sanidine; — caractère très xénomorphe du quartz qui est secondaire et résultant sans doute d'une pseudomorphose de tridymite; — existence primaire de pyroxènes de nature sodique si l'on considère la présence, cependant sporadique, de l'augite ægyrinique non altérée dans un cristal de sanidine intact; — existence d'amphibole sodique fraîche moulée sur les microlithes de sanidine et souvent associée à des produits de décomposition des pyroxènes; — inexistence probable de plagioclase parmi les constituants de la lave; — présence de katoforite fraîche de caractère xénomorphe et néogène; on peut conclure au rattachement de cette roche à un *trachyte alcalin*, qui ne diffère pas essentiellement des déterminations d'A. LACROIX (1939), classant la lave dans des rhyolitoïdes à caractère légèrement plus acide, sans doute à rapprocher du fait que les échantillons étudiés étaient prélevés dans des niveaux plus altérés et plus phosphatisés que ceux récoltés en 1957.

« L'action des solutions phosphatées provenant du guano se fait surtout sentir dans la zone d'altération superficielle de la roche pouvant atteindre 1 m et plus, conduisant à la phosphatisation de la lave : soit par formation de variscite dans les parties leucocrates; soit par formation de strengite (ou barrandite) dans les zones mélanocrates. »

M. OBERMÜLLER mentionne aussi la présence de « menus fragments de trachyte alcalin rencontrés un peu partout dans l'île » et que je n'ai pas remarqués, et leur attribue l'origine de la variscite (phosphate d'alumine) qui se trouve en îlots très rares dans certains échantillons de conglomérat de corail phosphatisé.

Les efflorescences décrites à la page 47 sont représentées par l'échantillon n° 16 (pl. X, fig. 41). Il paraît avoir été déposé par l'eau de ruissellement et représente peut-être la même formation que les « concrétions superficielles » décrites par LACROIX (p. 302) et formées de phosphate d'alumine et de chaux en proportions variables. L'échantillon 16 est un morceau d'une croûte assez étendue, qui était par places boursouflée et décollée de la face verticale du Rocher où elle avait précipité. L'échantillon est brun clair, de 1 à 3 cm d'épaisseur, la face inférieure plus claire et pulvérulente, la face supérieure formant de petites efflorescences branchues.

Pierre ponce et autres roches d'origine étrangère.

La présence sur les atolls de pierre ponce flottée et d'autres roches étrangères amenées par des radeaux naturels est bien connue (EMERY, 1955; SACHET, 1955) et présente une importance particulière dans l'écologie de ces îles du fait qu'elles ajoutent des éléments minéraux à ceux qui se trouvent en nombres très restreints dans un milieu de calcaire organogène.

A Clipperton, la pierre ponce se trouve sous forme de morceaux assez peu nombreux et disséminés, plutôt que sous celle de champs ou de barres comme on en voit dans d'autres atolls. Presque toute la ponce récoltée vient du côté est, qui pouvait être visité plus souvent du fait de la position du Camp des Naturalistes, et où la ponce se reconnaissait plus facilement sur les grandes étendues de sable nu. Mais il peut y avoir eu autant de pierre ponce ailleurs, autour de l'atoll.

Dans son journal inédit, ARUNDEL décrit son travail d'échantillonnage à la base du Crochet, et en particulier dans une région où une couche d'« alluvial » (cf. p. 58) d'environ 30 cm d'épaisseur, repose sur un dépôt épais d'environ 60 cm de « pumice and clay - very white ». Cette même « pumice » (pierre ponce) est notée sur une ébauche de croquis. Ces indications sont curieuses, et ne s'expliqueraient que si la pierre ponce avait été très décomposée.

Les pierres ponces récoltées en 1958 (pl. X, fig. 42) vont de fragments de la taille d'un pois à des blocs arrondis de 15 à 20 cm de diamètre maximum. Un examen superficiel permet de les classer en trois types principaux :

Les gros blocs, de même que certains morceaux plus petits, ont une texture spongieuse assez dense, avec des fibres entrecroisées bien visibles. Ils sont teintés en surface, mais si on les gratte, on voit que la pierre ponce est d'un gris pâle, ou presque blanche.

La plupart des pois et certains fragments plus gros sont finement poreux plutôt que fibreux, sont blancs ou gris, et contiennent des cristaux inclus de minéraux clairs ou foncés. Un petit nombre de morceaux sont formés par de longues fibres brillantes, arrangées en faisceaux parallèles, l'ensemble ayant un aspect soyeux. Des morceaux de ces deux derniers types se trouvaient au bord du lagon et certains avaient été tellement altérés qu'on pouvait les écraser facilement entre les doigts en une poudre très fine.

ANALYSES DES ÉCHANTILLONS DE ROCHES DE L'ÎLE CLIPPERTON

Les échantillons ont été analysés, dans la Geochemistry and Petrology Branch du U. S. Geological Survey, par une méthode décrite dans U. S. G. S. Bulletin 1036-C. Les analyses ont été faites par PAUL L. D. ELMORE, SAMUEL D. BOTTS et IVAN H. BARLOW.

Numéro au laboratoire	Numéro des échantillons	% MgO	% CaO	% P ₂ O ₅	% CO ₂
154383	3	0,46	50,4	14,6	25,3
154384	5	0,28	48,5	27,4	10,9
154385	6	0,77	44,6	30,4	5,2
154386	7 A	0,16	50,2	20,8	18,9
154387	10	0,85	49,3	36,8	3,6
154388	11-1	0,16	32,2	23,6	0,48
154389	11-2 a fraction fine de l'échantillon 11-2.	0,16	45,2	35,6	2,0
154390	11-2 b fragments de corail de l'échantillon 11-2.	0,20	50,4	24,8	16,4
154391	14-1	0,54	46,0	34,7	2,6
154392	14-2 a zone externe des morceaux de corail.	0,32	49,8	37,1	2,8
154393	14-2 b zone interne des morceaux de corail.	0,12	53,7	0,60	41,7
154394	15	0,13	53,0	1,1	40,9
154395	16	0,17	30,0	29,0	0,14
154396	18	0,46	50,7	39,4	0,30
154397	20	0,18	49,5	37,0	1,7
154398	21	0,10	47,5	36,1	1,0
154399	22	0,19	46,1	34,6	0,79
154400	23	0,16	50,1	38,6	1,0
154401	24	0,19	51,2	16,0	24,6
154402	26	0,56	53,5	2,1	41,1
154403	27 A	0,62	50,0	38,8	0,54
154404	31	0,18	50,8	38,5	1,2
154405	33	0,17	53,0	5,0	36,6
154406	34 a fraction fine.	0,16	48,4	21,4	17,3
154407	34 b fraction grossière.	0,06	52,9	6,3	35,6
154408	35	0,28	53,1	10,0	32,0
154409	36	0,44	50,8	31,2	9,3
154410	4	0,14	53,0	0,17	41,7
154411	27-1 morceaux de corail du conglomerat numéro 27.	0,42	54,2	2,2	40,2
154412	27-2 ciment du conglomerat numéro 27.	0,28	50,9	28,9	11,5

ANALYSE DE PHOSPHATE COMMERCIAL

(citée par ELSCHNER, 1913, p. 91 et reproduite par LACROIX, 1939, p. 303)

P ₂ O ₅ 3CaO	78,09	NaCl	0,15
P ₂ O ₅ 3MgO	0,55	SiO ₂	0,28
CO ₂ CaO	6,73	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	0,04
CaO	2,84	Subst. org.	4,83
PO ₃ Ca	0,78	Perte au feu	3,80

Des cailloux d'une matière noire, brillante, vacuolaire, paraissent être des scories provenant d'une chaudière de bateau plutôt qu'une roche volcanique. Un morceau (pl. X, fig. 42, centre) aplati d'une roche noire, compacte et lourde, trouvé non loin du camp représente peut-être un résidu de chaudière. Au pied du Rocher, on observe de gros morceaux de charbon qui peuvent dater de l'époque où on exploitait le phosphate de l'île, ou viennent peut-être d'un bateau naufragé.

Près de l'angle est de l'île (pl. V, fig. 18), dans une zone où abonde du matériel échoué disposé dans le sens de l'écoulement de l'eau entre océan et lagon, on trouve, outre des débris évidemment flottés (cf. p. 70), de petits galets plats à bords arrondis, de roche volcanique ou peut-être métamorphique. Il est possible qu'ils proviennent de ballast, ou ils ont pu être transportés par des troncs d'arbres flottés. Un très bel exemple de ce phénomène a été photographié près de l'angle nord de l'atoll par ALLISON : un bloc de roche volcanique verte est enserré dans la base d'un grand arbre mort (pl. VI, fig. 20).

ÉVOLUTION PHYSIOGRAPHIQUE

Evolution géologique.

A l'échelle géologique, on peut considérer les îles des atolls comme des formations éphémères, ou du moins très changeantes, bien que leurs fondations sous-marines, là où l'on a pu les dater, soient de l'Eocène et même du Crétacé supérieur (LADD, 1960). Sur certaines de ces îles, on peut trouver des formations qui révèlent quelques-uns des changements les plus récents, mais la difficulté est de reconnaître et d'interpréter ces formations indicatrices.

Dans ce domaine, on peut citer à Clipperton le karst du fond du lagon (décrit p. 52), les gradins superposés de conglomérat phosphatique (décrits p. 42, et pl. VI, fig. 22) et les deux petits témoins d'une ancienne surface consolidée qui persistent en encorbellement sur le flanc du Rocher, entre 1 et 2 m au-dessus de la basse mer (voir p. 47, et pl. VIII, fig. 29 et 30).

Le karst du lagon permet de supposer que l'île a subi une ou plusieurs périodes d'émersion prolongée et d'érosion subaérienne, hypothèse qui a été avancée d'une manière générale pour expliquer l'histoire géologique des îles de corail (MACNEIL, 1954). La connaissance très imparfaite qu'on a du fond du lagon ne permet pas qu'on en discute plus en détail.

Les gradins concentriques et les corniches témoins suggèrent l'existence d'une période plus récente de légère submergence, ou de niveau légèrement plus élevé de l'océan. Une étude détaillée de ces formations, comprenant un levé très exact de leur altitude, permettrait sans doute une reconstitution plus précise de l'histoire post-glaciaire de l'atoll et peut-être des corrélations avec les formations comparables trouvées sur d'autres îles et côtes. Dans l'étude des gradins de phosphate, il faudrait préciser le mécanisme de la phosphatisation du corail en tenant compte de la possibilité de variations dans la salinité et l'acidité de l'eau du lagon, de même que des changements de niveau du lagon.

On ne peut guère attribuer au seul changement du niveau du lagon la forme de la corniche située sur l'îlot volcanique et qui descend en pente de 1 m environ au-dessus de l'eau d'un côté, au niveau du lagon de l'autre. Peut-être le bloc volcanique formant l'îlot a-t-il été détaché du Rocher, et a-t-il, après la formation de la corniche, basculé à la suite d'un changement du fond du lagon (affouillement des éléments meubles au cours d'une tempête, par exemple).

Evolution historique due à des causes naturelles.

Les données de son histoire montrent que l'île Clipperton a subi certaines modifications, dont la plus importante est la fermeture des passes et la dessalure de l'eau du lagon. Malheureusement, les deux plus anciennes descriptions de l'île ne disent rien sur le lagon ni sur l'aspect de l'anneau de corail en 1711 (France, 1912) ou en 1825 (MORRELL, 1832). Le petit plan qui accompagne le journal de DE PRUDHOMME ne montre pas d'ouverture, mais il est si schématique qu'on ne peut pas en tirer de conclusions fermes. MORRELL débarqua à Clipperton, et on ne peut s'empêcher de regretter qu'il n'ait pas décrit l'île avec plus de détails. Il ne parle ni de passes, ni de leur absence, ni du goût de l'eau du lagon.

La première vraie carte de Clipperton fut dressée par Sir EDWARD BELCHER en 1839 (BELCHER, 1843), et montre deux passes qui furent reconnues de la vigie. En novembre 1958, le COAT DE KERVEGUEN trouva l'anneau de corail ininterrompu (France, 1912) et, autant qu'on le sache, il est demeuré ainsi depuis, bien que les vagues puissent déferler assez fréquemment par-dessus la bande de terre émergée jusque dans le lagon. BELCHER est le seul visiteur qui ait décrit les passes, si l'on ne tient pas compte d'un rapport peut-être assez peu digne de foi de PERMIEN (ANON., 1897-1898, 19 août). Celui-ci raconte qu'à sa première visite, en mai 1881, il y avait un chenal entre lagon et océan, mais qu'à ses visites ultérieures (1892) celui-ci avait été colmaté par des bois et autres débris flottés; l'eau du lagon ainsi séparé de l'océan était devenue douce et les huîtres perlières qu'il contenait étaient mortes. L'exactitude des observations de BELCHER ne peut pas faire de doute, mais la nature des passes et le processus de leur fermeture méritent d'être discutés. Aujourd'hui, on peut reconnaître assez facilement leur emplacement : l'une coupait le great sand wash, près de la pointe nord de l'île, l'autre traversait la bande de terre en face de l'Isthme (pl. VII, fig. 25). L'absence de conglomérat élevé, soit « beach rock » élevé, soit roche phosphatique, est caractéristique de ces deux endroits. En 1958, le great sand wash ne s'élevait que de 65 cm au-dessus du niveau moyen estimé de la haute mer; l'emplacement de la passe du sud-est paraît recouvert uniquement de matériaux meubles formant une levée de gravier de faible hauteur, en partie surmontée par un petit épanchement de sable probablement assez récent. GRISWOLD avait décrit cette région (PEASE, 1868) comme occupée par une accumulation de fragments emphilons en cordons successifs par les vagues, et sur les photographies prises en 1897 (WHARTON, 1898), on reconnaît en effet une levée de corail composée.

Il est vraisemblable qu'une ou plusieurs tempêtes ont pu barrer les passes en y entassant du sable et des graviers. Mais le récif extérieur ne montre pas d'interruption près des anciennes ouvertures. Il est un peu plus étroit le long du côté nord-est de l'île,

et peut-être légèrement moins élevé près du mouillage du nord-est, mais celui-ci se trouve probablement au sud de l'ancienne passe. J'ai l'impression que les ouvertures vues en 1839 n'étaient pas vraiment des chenaux d'embarcation, mais seulement des points du platier temporairement débarrassés du matériel corallien qui s'y était entassé, et par conséquent très peu profonds, et probablement éphémères. Cette interprétation est en accord avec le texte de BELCHER qui décrit ainsi le récif : « Il y a deux ouvertures qui sont peut-être sûres à marée haute; mais quand nous sommes passés, les brisants étaient trop forts, et le reflux dénudait les rochers. » Ces rochers devaient se trouver à la surface du récif, formant le fond des chenaux. Il est très possible que la ou les tempêtes qui ont fermé ces brèches aient en même temps modifié la surface du récif, et plus particulièrement son rebord externe, de telle façon que l'accumulation des matériaux détritiques y soit facilitée, et la réouverture des brèches rendue plus difficile. Il n'y a pas de doute que le lagon, qui contient des têtes de corail et autres animaux marins *in situ*, a été, pendant de longues périodes, en communication avec l'océan. Mais, à mon sens, la première fermeture du lagon, et le début de sa transformation en un lac d'eau douce, peuvent être très antérieurs à la disparition des brèches vues en 1839, et c'est à une époque plus reculée que le lagon communiquait largement avec l'océan. En étudiant la topographie détaillée du récif externe, l'état des coraux et mollusques morts, et aussi les récifs disséqués du lagon, on pourrait sans doute arriver à élucider les étapes de leur histoire.

Récemment (lettre du Dr. Carl HUBBS du 27 décembre 1961), on a pu dater par la méthode du carbone 14 un spécimen complet (deux valves) de *Spondylus cf. pacificus* (det. E. C. ALLISON) récolté dans le lagon à une profondeur de 18,3 mètres. Cette détermination indique un âge de 370 ± 100 ans. (Ce résultat, obtenu par l'University of California in Los Angeles Radiocarbon Laboratory, test no. UCLA-115, doit paraître dans le prochain supplément consacré aux déterminations par le carbone 14 de l'*American Journal of Science*). Pour diverses raisons, même avec la marge d'erreur donnée, on ne peut voir dans ce chiffre qu'une indication d'ordre de grandeur. En effet, la méthode au carbone 14 se heurte à des difficultés d'application sérieuses dans le cas des carbonates d'origine marine. Malgré une marge d'incertitude très importante, ce résultat n'en est pas moins intéressant. Il n'invalide pas les remarques ci-dessus, mais confirme que les organismes marins vivaient dans le lagon jusqu'à une époque récente, et donc que la flore et la faune actuelles très pauvres du lagon sont d'origine relativement peu ancienne.

Les changements observés sur la bande de terre de Clipperton entre 1957 et 1958, et attribués à une tempête, représentent un autre cas d'évolution à l'échelle historique. Sur les photographies aériennes de septembre 1943, la région qui s'étend au nord-ouest du Camp des Naturalistes jusqu'au-delà de Pointe Verte montre une série de minces lignes parallèles aux côtes, et semblables à celles qui représentent les gradins phosphatiques ailleurs. La végétation irrégulière mais continue contient probablement des plantes herbacées, parmi lesquelles on peut de-ci de-là reconnaître les lianes d'*Ipomœa pes-capræ*. Un petit marais à Cyperacées se reconnaît à l'extrémité de la Pointe Verte. Au-delà et jusqu'au point où l'île s'élargit et s'incurve pour former l'angle nord de l'atoll, ces lignes ne se voient plus, il y a beaucoup de sable nu et la végétation paraît n'être que *Ipomœa*.

Les photographies prises d'hélicoptère en novembre 1957 ne montrent pas ce côté

de l'île en entier, mais on voit bien la couverture végétale qui s'étend sur plusieurs centaines de mètres au nord-ouest du Camp des Naturalistes, avec des lianes qui s'étirent vers la plage, et un petit cocotier près de la Pointe Verte.

En août 1958, cette région s'était profondément transformée. Presque tout le côté nord-est de l'atoll était dénudé, sans végétation, et recouvert d'un dépôt récent de corail détritique. En allant vers le nord-ouest à partir du Camp, on voyait la couverture d'*Ipomœa*, qui s'étendait entre océan et lagon, disparaître brusquement, 45 m au-delà du Monument hydrographique Astro 1957, et faire place à une couche de cailloux coralliens reposant, au moins par endroits, sur du sable de corail ou un limon phosphatique. Les galets étaient de taille assez uniforme, avec quelques blocs plus gros, très blancs, et imbriqués de l'océan vers le lagon. Un petit nombre de très gros blocs lancés par les vagues reposaient au milieu de la bande de terre. Comme la plupart de ceux que l'on trouve sur le platier, ces blocs représentent des espèces qui croissent au bord externe de la terrasse et doivent donc en provenir. Les vagues de tempêtes sont donc capables de remonter des blocs de profondeurs supérieures à 30 m (ALLISON, communication personnelle). A Raroia (NEWELL, 1956, pp. 343-344), la plupart des tempêtes n'arrachent des blocs qu'à des niveaux moins profonds, mais certains cyclones doivent détacher des coraux de la terrasse de 10-fathoms et les lancer sur le platier ou les îlots.

Une partie de la nappe de corail qui recouvrait toute la largeur de l'île s'était déversée dans le lagon où les vagues remaniaient les cailloux pour former un cordon littoral (pl. VII, fig. 23). Les petites « falaises » (pl. V, fig. 16 et 17) qui, en certains points, bordaient le lagon avaient été sapées et démantelées, et le gravier de corail détaché de leur paroi se mêlait aux galets déposés par la tempête (cf. p. 63). Du côté de l'océan (pl. II à IV, fig. 6 à 11), le rebord de la bande de terre avait été miné et formait un petit surplomb, au-dessous duquel un talus de sable grossier ou de gravier s'étendait vers la plage, sauf là où une épaisse formation conglomératique, également sapée et démantelée à sa partie supérieure, formait la pente externe (cf. pp. 39-40).

Dans la nappe de galets, non loin du lagon, certaines traînées de sable s'étiraient dans la direction océan-lagon et semblaient marquer l'emplacement des rigoles d'écoulement de l'eau. Parfois, de jeunes plantes de *Cenchrus* et *Ipomœa pes-capræ* y croissaient. Mais la plus grande partie de la couche de galets était déserte et recouvrait et dissimulait les détails topographiques qu'avait pu montrer la surface primitive, tels que des gradins phosphatiques.

Un peu au-delà de Pointe Verte, la couche de galets s'interrompait, et la bande de terre, de l'océan au lagon, formait un petit escarpement transversal dominant de 1,40 m au plus une étendue de sable, vers laquelle descendait un talus de gravier assez raide (pl. IV, fig. 14). Au pied, la bande de terre devenue très basse (0,65 m au-dessus du niveau estimé des hautes eaux à l'endroit le plus bas) était recouverte de sable, de l'océan au lagon, formant le great sand wash (pl. IV, fig. 14), et s'allongeait sur 430 m environ vers le coin nord de l'atoll. Un champ de blocs (pl. V, fig. 15) lui faisait suite, puis une région plus haute et couverte de végétation et qui ne paraissait pas avoir été touchée par les vagues.

La tempête avait donc entraîné des fragments de corail sur une étendue longue de plusieurs centaines de mètres, et par-dessus toute la largeur de l'anneau jusque dans le lagon, et avait en même temps sapé et arasé le rivage vers l'océan. Les morceaux

de ponce, et les graines flottées qui se rencontrent sur la plage du lagon, suffisent à prouver que les vagues océaniques avaient atteint le lagon.

Au sud-est de cette région la plus profondément modifiée par la tempête, au niveau du Camp des Naturalistes, les vagues avaient sapé le rebord de la roche formant la bande de terre et l'avaient fait reculer et avaient lancé des blocs et des plaques de beach rock en haut de la plage (pl. II, fig. 6) et même par-dessus la végétation. Le sable déposé par-dessus le tapis d'*Ipomœa* avait été entraîné parmi les lianes et recouvrait le limon phosphaté. Un profil de sol enfoui sous 8 à 10 cm de sable fut observé non loin du petit groupe de palmiers.

L'emplacement du marégraphe installé en 1956 près de l'épave du *LST* avait été démoli, probablement par la même tempête, et l'épave elle-même avait été tellement battue par les vagues que le mât et presque toute la poupe étaient tombés dans les flots. Ces changements s'étaient produits avant mai 1958, date à laquelle ils furent observés, de même que la grande bande de corail blanc recouvrant le nord-est de l'île, par W. L. KLAWE (lettre).

Plus au sud, entre l'épave et l'Isthme, une vaste étendue de sable semblait avoir été déposée ou du moins remaniée par une tempête, car des blocs de corail noir qui devaient s'être trouvés là depuis longtemps étaient en partie recouverts de sable récent. La « route » tracée en 1945 était ensablée aussi. La surface de toute l'étendue sableuse était jonchée de débris flottés (pl. V, fig. 18) de toute sorte : planches et bois, vieilles noix de coco, bouteilles, ampoules électriques, quelques flotteurs de filets en verre, morceaux de charbon de bois et de ponce (pl. X, fig. 42), graines, le tout souvent aligné (pl. XII, fig. 48) entre océan et lagon par l'écoulement de l'eau. Certains blocs de corail encore blancs avaient dû être déposés en même temps. Les photographies de 1957 ne montrent pas cette région en détail, mais elle paraît peu différente de ce qu'elle était en 1958; les matériaux d'apparence fraîche avaient donc pu être déposés ou remaniés par une tempête antérieure à 1957. Dans le sand wash du sud-ouest (pl. VI, fig. 19), des blocs noircis, en partie enfouis dans du sable, se retrouvent et peuvent être le signe d'un récent dépôt ou remaniement du sable. Cette étendue sableuse est assez petite et relativement permanente (cf. p. 38), et le sable peut avoir été transporté par le vent plutôt que par les vagues.

Changements récents dus à l'homme.

Certains changements d'aspect de l'île résultent de l'activité humaine. Les traces du ramassage du phosphate se sont bien atténuées, mais il reste quelques piles de roche phosphatée près du grand bosquet de cocotiers et au coin ouest du lagon; les plantes qui sont si curieusement alignées sur la partie nord-ouest de l'île peuvent suivre d'anciennes tranchées creusées pour l'extraction du phosphate et maintenant comblées (cf. p. 77). ARUNDEL (ANON., 1897-1898, 20 août) raconte comment les premiers ramasseurs de phosphate transportèrent des blocs arrachés au Rocher jusqu'à la rive est du lagon, avant de s'apercevoir qu'ils étaient sans valeur. Ce sont probablement ces mêmes blocs qui se trouvent empilés au bord du lagon en face de l'épave. Deux « dunes » de sable près de l'angle est de l'île (pl. XII, fig. 48) datent probablement de la même époque, car on avait déjà noté leur présence en 1943. Pendant les années 90, les ramasseurs de

phosphate avaient plusieurs maisons et hangars sur le côté nord-est de l'île, non loin du Camp des Naturalistes. Plus tard leur camp fut transporté sur le côté sud-ouest, et avant 1945 les ruines de leurs cabanes et de leurs machines s'y voyaient encore. De nos jours, la trace d'un wharf (pl. XI, fig. 43) qui traversait le récif en face du grand bosquet de cocotiers se reconnaît sur les photographies aériennes. Des abris avaient été construits également près du Rocher, et en 1958 il en restait un petit mur de pierres au pied de la face est, des excavations et de gros morceaux de charbon éparpillés sur le sol. De l'ancien camp près de la Baie de la Pince, il ne subsistait que des piles de phosphate, un rail Decauville rouillé et tordu, et une grande bouée coffre en tôle. Les ruines du camp avaient été oblitérées par celles de la station météorologique américaine, elles-mêmes enfouies parmi les cocotiers devenus beaucoup plus nombreux. Le tracé des pistes dessinées autour de l'atoll à partir de la station se voyait encore. Un grand espace avait été dénudé pour la construction de la station en 1945, et les photographies de l'époque montrent aussi qu'une levée de corail avait été entassée du côté de l'océan, peut-être pour protéger le camp contre le déferlement des vagues de tempêtes. Cette levée artificielle se voit toujours; toutefois, le corail est devenu noir et la végétation l'a partiellement recouvert.

Mais de tous les changements dus à l'intervention humaine, le plus important est probablement l'introduction sur l'île de plantes et d'animaux exotiques, qui sera étudiée dans un autre chapitre.

VIE DU RÉCIF

Avant l'expédition de 1958, quelques espèces marines avaient été récoltées sur le récif de Clipperton (principalement par WALDO SCHMITT) et sur sa pente externe, mais l'aspect du récif et son écologie n'avaient jamais été décrits. Les résultats des travaux de 1958, collections et observations du milieu récifal, sont encore inédits à de rares exceptions près (p. ex. algues, voir DAWSON, 1959; gastéropodes, voir ALLISON, et HERTLEIN et ALLISON). On ne donnera donc ici qu'une vue d'ensemble très générale de la vie du récif. La morphologie de ce dernier a été décrite plus haut (cf. pp. 34-37). Rappelons simplement que la coupe schématique à partir de la plage comprend : beach rock dans la zone d'oscillation des marées, platier du récif, souvent couvert de sable dans la partie proche de la plage, et semé de blocs erratiques, rebord, un peu surélevé, mais beaucoup moins important que dans d'autres atolls (pas de vraie crête d'algues ou « lithothamnion ridge »), et divisé en piliers séparés par des entailles (surge channels). La pente externe du récif, d'abord abrupte, change brusquement d'inclinaison et forme une terrasse en pente douce entre 6 m et 12 à 18 m. Au-delà la pente redevient raide.

Cette pente externe a été observée dans sa partie supérieure par les biologistes équipés pour la plongée, et en outre quelques espèces profondes ont été draguées (HERTLEIN et EMERSON, 1953, 1957) entre 100 et 200 fathoms (180-360 m) : coraux solitaires (*Cyathoceras* sp. (?), *Paracyathus* sp.) et mollusques lamellibranches (*Anomia peruviana*, *Chama squamuligera rubropicta*, *Delectopecten zacæ*) ou gastéropodes (*Clanculus* [*Panocochlea*] *clippertonensis*, *Nassarius catallus*). A cette profondeur, on ne

sait rien de l'aspect du milieu. Il est probable que les espèces vivantes sont disséminées sur les pentes d'éboulis. Des mollusques vivants (*Delectopecten*) étaient fixés sur des cailloux de trachyte dragués. La lumière solaire pénètre encore à ces profondeurs, mais n'est pas suffisante pour permettre la croissance des algues, qui disparaissent généralement vers 60 m. Les coraux constructeurs de récifs (sténothermes) dépassent rarement 40 ou 60 m, et sont florissants surtout au-dessus de ces niveaux. Un autre dragage, vers 65 fathoms (120 m), bien que peu satisfaisant, a cependant permis de récolter quelques espèces (FRASER, 1943, et autres rapports des Allan Hancock Pacific Expeditions), dans des groupes tels que foraminifères (*Angulogerina albatrossi* var. *ornata*, *Loxostoma limbatum*), hydrozoaires (*Clytia cylindrica*, *Perigonimus repens*), bryozoaires (*Parellisina curvirostris*, *Cellaria veleronis*, *Crepidacantha poissoni*). A part les rares espèces obtenues par dragage, on ne connaît rien de la faune profonde de Clipperton, ni de sa zonation sur les pentes. Les biologistes dans leurs plongées (profondeur maximale 40 m) ont pu observer une zone de croissance très luxuriante au bord et en dessous de la terrasse, donc surtout entre 15 et 30 m. Les coraux y sont très abondants et couvrent presque toute la surface, accompagnés d'autres espèces animales et végétales.

Au contraire, la terrasse elle-même est relativement pauvre en formes vivantes (probablement à cause de l'accumulation de produits d'érosion), de même que les pentes qui la dominent et qui sont disséquées par des entailles profondes séparant des piliers. Le rebord même du récif est au contraire très riche en algues, calcaires et autres, en coraux et en formes libres associées (mollusques, crustacés, poissons, etc.). Les langoustes sont abondantes dans les anfractuosités de la roche.

Sur le récif même, des oursins, de grosses holothuries, des bernard-l'hermite, de petits céphalopodes, des gastéropodes dont certains cônes (ALLISON, 1959) sont parmi les formes animales les plus frappantes. Les espèces s'organisent, suivant le milieu, en petits mondes individualisés; certaines sont concentrées autour des rochers couverts d'algues qui parsèment le récif; d'autres s'enfoncent dans le sable qui en recouvre la surface dans la zone interne. Au bord du récif, tout près de la plage, des polychètes (*Mesochætopterus minutus*), aux fins tubes de parchemin couverts de grains de sable, forment de grandes touffes rosées. Sur le côté nord-est de l'île, où le beach rock est bien développé (pl. II et III, fig. 3-5 et 9) et les blocs de corail nombreux sur le platier, des crabes de couleurs diverses courent sur la plage et sur les dalles de beach rock et sont poursuivis par des murènes de plusieurs espèces qui n'hésitent pas à les suivre hors de l'eau en rampant par-dessus les blocs émergés. Crabes et murènes sont parmi les animaux les plus en évidence au bord du récif lorsqu'on longe la plage. La répartition écologique des algues et des animaux sur le récif du nord-est a été étudiée par E. S. REESE, qui en prépare une description détaillée.

Les poissons dont la présence est la plus manifeste à Clipperton sont évidemment les requins, qui sont très abondants autour de l'île et s'aventurent parfois sur le platier du récif. C'est quand on anesthésie les habitants du récif avec de la poudre de *Derris* que l'on se rend compte de l'abondance des invertébrés libres, et surtout des poissons. D'autres espèces se confinent dans d'autres habitats : entailles du rebord du récif (surge channels) ou régions plus profondes. Le travail récent de HIATT et STRASBURG (1960) sur l'écologie des poissons des îles Marshall donne une idée de la complexité d'une telle faune, et du temps qu'il faut pour la connaître. Jusqu'à ces dernières années, un très

petit nombre d'espèces avaient été citées dans la littérature sur Clipperton (GARMAN, 1899 b; SNODGRASS et HELLER, 1905; SCHMITT et SCHULTZ, 1940; RANDALL, 1956), mais en 1956 et 1958 des collections importantes furent rassemblées.

La vie du récif comprend aussi des formes très petites, ou microscopiques, et qu'il faut chercher avec patience. C'est ainsi qu'à l'intérieur des colonies de corail se trouvent de petites formes spécialisées. Dans des colonies de *Pocillopora* par exemple, on a trouvé (HERTLEIN et EMERSON, 1957) 2 petits chitons, de petits mollusques, des éponges et des algues calcaires. Certains crabes s'enferment à l'intérieur des coraux vivants. L'étude détaillée de l'écologie d'un récif demande beaucoup de temps, et à Clipperton même les travaux de 1956 et 1958 n'ont compris que des observations générales, l'étude de quelques profils sur le récif, et cela surtout pour les formes macroscopiques, et la récolte du plus grand nombre possible d'espèces dans certains groupes. Lorsque toutes les déterminations seront publiées, on pourra se faire une idée plus exacte de la flore et de la faune du récif, et de leur écologie, mais il restera beaucoup à faire pour compléter les collections (surtout celles des algues, des invertébrés à corps mou et des formes microscopiques) et pour étudier en détail les milieux récifaux et les associations entre faune, flore et habitat. Le récif de Clipperton n'a sans doute ni la richesse ni la beauté de ceux des îles Marshall, d'Ifaluk ou de la Grande Barrière d'Australie, mais il n'en demeure pas moins un petit monde d'un très grand intérêt qui mérite beaucoup plus d'attention qu'il n'en a reçu jusqu'ici.

Biogéographie.

Le but principal de l'expédition de 1958 était la récolte du plus grand nombre possible d'espèces de la faune et de la flore de Clipperton, de façon à permettre l'étude de leurs affinités biogéographiques. Cette étude ne pourra se faire, évidemment, que lorsque toutes les déterminations seront réunies, et sera sans doute menée à bien par le professeur CARL HUBBS. On peut déjà se rendre compte que les faune et flore terrestres ne fourniront que peu de renseignements sûrs. On savait que les espèces marines, par exemple les algues (TAYLOR, 1939; DAWSON, 1957) et les mollusques (HERTLEIN et EMERSON, 1953), représentent de remarquables mélanges de formes panaméennes d'une part, et indo-pacifiques de l'autre. Ces groupes sont les seuls pour lesquels on ait des déterminations des récentes collections (DAWSON, 1959; ALLISON, 1959; HERTLEIN et ALLISON, 1960), et elles confirment cette dualité d'origines. Les algues sont en majorité indo-pacifiques, mais parmi les cônes (ALLISON, 1959) 3 espèces ne sont connues que sur la côte occidentale d'Amérique tropicale et les îles voisines, et 2 espèces sont indo-pacifiques, mais atteignent, outre Clipperton, les îles Galapagos ou l'Amérique tropicale. Des 12 espèces de porcelaines (*Cypræa*), 2 seulement sont américaines, toutes les autres sont indo-pacifiques.

Dans l'étude biogéographique des îles océaniques du Pacifique, deux questions principales se posent, celle de l'origine des formes et celle de leurs moyens de transport. Un grand nombre d'auteurs ont énuméré les différentes possibilités de dissémination, et les principales sont citées par LADD (1960). Rappelons simplement que le

transport par les courants est un des plus importants pour les formes marines, mais que son existence ne résout pas tous les problèmes, car les larves pélagiques transportées de la sorte ne vivent pas assez longtemps pour couvrir les étendues immenses qui séparent les différentes îles où croissent les adultes correspondants. Dans certains cas, des radeaux peuvent faciliter le transport de certaines formes adultes : c'est ainsi que BEEBE (1926, pp. 47-50, 395) décrit un tronc d'arbre observé entre Panama et les Galapagos, au sud de l'île Cocos, qui portait un certain nombre de formes fixées, accompagnées de toute une petite faune de 54 espèces en tout, qui voyageaient sur le fût (vers, crabes) ou l'accompagnaient (poissons). D'une manière générale, cependant, la dissémination des espèces à travers le Pacifique, en principe à partir d'une source indo-nésienne, est loin d'être résolue.

EKMAN (1953, pp. 72-74) a expliqué le contraste entre les faunes littorales d'eau chaude du Pacifique occidental et central (indo-pacifique) et du Pacifique oriental (américaine) en invoquant une East Pacific Barrier, région abyssale assez large pour gêner l'échange d'espèces à vie larvaire planctonique trop courte. Il y a pourtant bien des espèces qui traversent cette barrière, en particulier dans le sens ouest-est.

Les données récentes de la topographie sous-marine permettent d'entrevoir comment on peut sortir de ce dilemme. Bien des auteurs avaient supposé l'existence de ponts ou d'îles maintenant disparus (stepping-stones) pour expliquer comment les espèces d'origine lointaine pouvaient traverser de très grandes distances. Récemment, HAMILTON (1956, pp. 51-52) suggère que les îles noyées du Pacifique central qu'il décrit dans son mémoire ont dû en effet, avant leur disparition sous les flots, servir d'étapes dans la migration des organismes littoraux à larves pélagiques. Il en a sans doute été de même dans d'autres régions de l'océan.

L'importance des données de la paléogéographie dans l'étude de la biogéographie du Pacifique a été magistralement démontrée au 10^e Congrès des Sciences du Pacifique (Honolulu, août-sept. 1961) par MENARD et HAMILTON (1961) et, dans une synthèse encore inédite, par J. WYATT DURHAM. Leurs exposés seront publiés *in extenso* dans un volume d'ensemble sur la Biogéographie du domaine Pacifique.

Récemment aussi, dans une synthèse du plus grand intérêt, LADD (1960) a suggéré que les îles maintenant disparues ont non seulement servi de « stepping-stones », mais ont dû former un très grand archipel, pendant le Crétacé et le Tertiaire, où les faunes marines et terrestres dites indo-pacifiques ont pu se former. La diffusion d'île à île se serait faite alors à partir d'un centre pacifique, vers les bords de la cuvette océanique, et en particulier vers l'Indonésie. Cette théorie permet d'expliquer simultanément un certain nombre de faits d'apparence contradictoire.

C'est ainsi que les récentes découvertes de la topographie et de la géologie sous-marines donnent un élan nouveau à la paléogéographie et la biogéographie du Pacifique, et il est à souhaiter que la zoologie et la botanique ajoutent à ces données nouvelles et aident à éliminer les contradictions qui subsistent. Dans ce domaine, lorsque les collections récentes de Clipperton auront été déterminées, et peut-être augmentées par des expéditions futures, la position stratégique de l'île rendra son étude particulièrement importante dans les travaux biogéographiques d'ensemble. Son nom revenait sans cesse dans les discussions du Congrès d'Honolulu sur la biogéographie du Pacifique tropical.

ÉCOLOGIE TERRESTRE

Habitat.

Les caractères les plus frappants de l'écologie terrestre de l'île Clipperton résultent des conditions extrêmes du milieu, et du nombre restreint des niches écologiques et des espèces vivantes. Le climat a été décrit plus haut et peut se résumer ainsi : insolation intense, température moyenne sans grand changement au cours de l'année, humidité atmosphérique élevée, précipitations abondantes mais avec probablement une période sèche, vents variables mais souvent forts, tempêtes (accompagnées de vagues de tempêtes) saisonnières mais fréquentes, parfois même cyclones.

Dans l'ensemble le paysage est très uniforme et n'offre qu'un petit nombre de types d'habitat : l'altitude toujours faible, les variations minimales de la topographie, l'absence de variété dans la composition chimique du substratum, le faible développement des sols, l'absence d'ombre, voilà autant de facteurs qui contribuent à diminuer le nombre possible d'habitats, peut-être plus encore à Clipperton que sur d'autres atolls. C'est ainsi que dans les îles Marshall du nord, qui sont assez comparables à Clipperton par certains côtés, on trouve une plus grande variété de milieux du fait de l'existence d'une végétation plus évoluée, plus dense, et qui comporte plusieurs espèces indigènes d'arbres donnant de l'ombre, des sols plus différenciés, une humidité du sol localement plus élevée, etc.

À Clipperton, les sols sont presque toujours très peu évolués, et consistent en sables et graviers coralliens à peine teintés par de la matière organique. Dans certaines régions, le matériau de surface est un gravier phosphatique peut-être dérivé des conglomérats phosphatiques, mais sur de grandes étendues, c'est un produit à peine modifié, de dépôt récent. Dans la région nord-ouest élargie de l'île, un limon phosphaté recouvre de grandes surfaces, mêlé à des cailloux de corail qui sont aussi éparpillés en couche mince sur le sol. Le limon se différencie en une couche supérieure brune ou d'un brun-gris, jusqu'à 15 cm en épaisseur, reposant sur une couche plus compacte, d'un blanc un peu crème et d'épaisseur inconnue. Les deux couches sont presque entièrement formées par du phosphate de calcium, mais le pourcentage de P_2O_5 et de CaO est un peu moins élevé dans la couche supérieure plus colorée, ce qui indique peut-être le début de la différenciation d'un profil par accumulation de matière organique (cf. échantillons 22 et 23, p. 57). Sous la couche de gravier récemment déposée sur le côté nord-est de l'île (cf. p. 69), un limon semblable se retrouve, au moins par endroits (cf. échantillon 3, p. 57). Sa présence aussi dans les tas de phosphate empilés près de l'angle ouest du lagon semble indiquer que ce limon pouvait être un des types de phosphate exploités commercialement. Son étendue actuelle est donc probablement plus restreinte qu'autrefois. Ailleurs, dans les sites bien drainés, on n'observe guère de différenciation pédologique, sauf dans les bosquets de cocotiers où un horizon épais de débris organiques en partie décomposés et d'humus recouvre le corail (cf. échantillon 32, p. 57). Les trous de crabes sont abondants et ces animaux doivent continuellement retourner et mélanger le sol, et rendre indistincts les horizons en voie de

différenciation. Les vers de terre sont très nombreux par endroits. La percolation des eaux de surface est rapide et totale, sauf dans les marais situés près du niveau du lagon et où la surface du sol est une boue limoneuse riche en matière organique et de couleur foncée (cf. échantillon 6, p. 58). Le sol, généralement calcaire et phosphatique, peut être enrichi par endroits par de faibles quantités de minéraux provenant de la roche volcanique, par de la ponce flottée, et par des morceaux de roches d'origine lointaine transportés par les arbres morts.

En général, on ne reconnaît pas d'influence du sol sur la végétation ou vice versa, sauf dans les sols un peu plus évolués des bosquets de cocotiers déjà cités, et dans l'association de boue limoneuse riche en matière organique avec Cypérais et celle de sable limoneux avec les peuplements de *Heliotropium* (pl. VI, fig. 22) et *Conyza*. Il est bien évident que l'enrichissement actuel du sol par le guano et l'enrichissement passé qui a amené la formation des phosphates rendent les sols plus fertiles pour les plantes que la roche-mère de calcaire pur. Mais comme cet enrichissement se rencontre sur presque toute l'île, ses effets ne sont pas manifestes sur l'arrangement de la végétation. Les sables et graviers récemment déposés et non enrichis ne portent pas encore de végétation, mais ceci est plus probablement lié à d'autres facteurs qu'à leur manque de fertilité.

Espèces vivantes terrestres.

Le peu de variété du milieu, dans les atolls en général, et à Clipperton en particulier a pour parallèle la pauvreté de la flore et la faune. Dans les atolls du Pacifique, à mesure que l'on s'éloigne vers l'est à partir des masses continentales d'Indo-Malaisie, on constate un amoindrissement de la faune, et plus particulièrement de la flore, terrestres. Les gradients de pluviosité compliquent cependant cette tendance générale. A Clipperton, bien qu'enrichies d'éléments venus de l'est, faune et flore sont extrêmement pauvres et marquent bien le « terminus » de ce phénomène d'atténuation.

ESPÈCES VÉGÉTALES

La flore et la végétation de Clipperton sont décrites en détail par ailleurs (SACHET, 1962), et seule une vue d'ensemble sera donnée ici. L'expédition de 1958 a beaucoup augmenté le nombre de plantes connues à Clipperton, mais n'a révélé l'existence que de quelques champignons (surtout cultivés et isolés à partir des échantillons de sol), lichens et algues cyanophycées, 3 mousses et 26 phanérogames (dont la grande majorité sont anthropochores), avec en outre quelques germinations de graines flottées. Toutes les espèces sont citées plus loin (p. 96). Des troncs ou de grandes branches d'arbres flottés avaient été rejetés par la mer sur les plages ou les levées de corail (pl. VI, fig. 20).

Il est probable que toutes les espèces cryptogames de Clipperton ont une distribution géographique très vaste, et elles ne sont pas assez connues pour qu'on puisse tirer de leur présence à Clipperton des données sur le peuplement de l'île. Les 3 mousses, en tout cas, sont pantropicales. Parmi les espèces phanérogames, certaines sont pantropicales et on ne peut déterminer leur lieu d'origine (par exemple *Ipomœa pes-capræ*),

certaines sont américaines (*Heliotropium*, *Scirpus*, *Solanum*). De toutes les espèces présentes, une seule graine flottée, si elle est correctement déterminée (*Strongylodon* sp.), paraît être certainement d'origine Pacifique. La plupart des plantes terrestres ont probablement été introduites par l'homme, certaines délibérément (*Cocos*, *Nicotiana*, *Brassica*), les autres accidentellement (*Waltheria*, *Corchorus*, *Solanum*, *Sida*, *Cenchrus*, *Eragrostis*). Les phanérogames du lagon et peut-être certaines algues (PROCTOR, 1959), et les Cypéracées, ont pu être apportées d'Amérique par les oiseaux migrateurs.

Il n'y a ni arbres ni arbustes indigènes à Clipperton. A part les cocotiers introduits vers 1897 et qui forment plusieurs bosquets autour de l'anneau de corail (pl. VII et XI, fig. 24, 25 et 43-45), toute la végétation est très basse, haute seulement de quelques centimètres ou parfois de quelques décimètres, et formée de plantes herbacées ou rarement suffrutescentes.

Le bosquet de cocotier le plus grand, au sud-ouest, en face de la Baie de la Pince, est trop dense pour avoir un sous-bois ou une couverture herbacée. Il n'y a pas non plus de plantes sous les palmiers près de la face est du Rocher, peut-être à cause du piétinement des cochons. Les autres groupes de palmiers sont si petits que la végétation environnante s'étend simplement jusqu'à leur abord ou parmi les arbres sans changer de caractère. De ce fait, les facteurs tels que l'ombre, l'abondance d'humus et la protection contre vents et embruns, qui résultent de la présence des palmiers et améliorent le milieu, n'ont pas l'occasion d'influencer la végétation. L'aspect un peu plus luxuriant de certaines plantes aux abords du plus grand bosquet peut être dû aussi bien à l'existence du camp ruiné, avec les effets qui en découlent (remaniement du sol, présence d'éléments chimiques supplémentaires) qu'à celle des cocotiers. De même, on ne connaît pas la raison pour laquelle les plantes de *Sida* et *Solanum*, qui croissent à la base du Rocher, sont plus luxuriantes et plus grandes qu'ailleurs; ce développement plus important peut être dû aussi bien à l'ombre, au remaniement du sol, à l'addition d'éléments chimiques provenant de la roche volcanique, ou de matière organique d'origine diverse ou à d'autres causes.

Le type de végétation le plus étendu à Clipperton est un couvert herbacé (pl. XI, fig. 45 et 46) haut de quelques centimètres ou de quelques décimètres et formé d'un mélange de graminées et de plantes vivaces suffrutescentes. Les plantes les plus communes sont *Cenchrus*, une graminée à fruits piquants, *Sida*, *Corchorus* et *Solanum*. D'autres plantes moins abondantes se mêlent localement à cette végétation. Deux d'entre elles *Heliotropium* (pl. VI, fig. 22) et *Conyza*, semblent préférer les sites sablonneux et peuvent y former des peuplements à une seule espèce. L'assemblage herbacé atteint son développement optimum sur le côté nord-ouest de l'île, celui qui a été le moins transformé pendant les dernières années. La densité et la composition de cette végétation varient, et, sur de grands espaces, certaines plantes plus hautes sont tassées en longues rangées étroites qui s'allongent parallèlement aux rivages. Une couche mince de morceaux de corail gris foncé recouvre la plus grande partie du terrain dans cette région de l'île, et dissimule les variations de celui-ci qui pourraient être liées à l'arrangement des plantes. Pourtant, les rangées suivent très probablement des accidents cachés du terrain; certains peuvent représenter le prolongement des gradins phosphatiques qu'on retrouve ailleurs autour de l'atoll, et dont la majorité sont probablement les anciens sillons ou tranchées d'extraction du phosphate. Une de ces tranchées, bien reconnaissable,

se trouve un peu au sud du coin ouest de l'atoll, non loin du lagon. Sur les photos aériennes de 1943, elle est marquée par une longue bande gris foncé avec 4 taches arrondies alignées tout près. En 1958, ces taches ont été reconnues comme des tas de sable et gravier phosphaté (cf. échantillon 20, p. 57) couverts d'une végétation plus haute dont beaucoup de *Brassica*. Trois tas sont situés à l'ouest de la tranchée et un du côté du lagon. La tranchée a 30 à 50 cm de profondeur, plusieurs mètres de large et s'étend sur une longueur d'au moins 100 m. Le phosphate extrait de la tranchée a dû être empilé pour former les tas; c'est même peut-être ainsi que se faisait l'exploitation du phosphate sur toute l'île.

Une telle interprétation paraît confirmée par des remarques d'ARUNDEL dans son journal privé (cf. pp. 8, 22). Au cours de sa visite à Clipperton en juillet-août 1897, il explora très soigneusement les ressources phosphatiques de l'île et, dans ses notes sur les travaux d'arpentage et d'échantillonnage, il mentionne souvent des tranchées, apparemment parallèles aux rivages, rencontrées surtout dans la partie nord-ouest élargie de l'île, la seule exploitée jusqu'à l'époque de sa visite. Ses notes sont toutefois trop fragmentaires pour permettre de se représenter exactement la méthode d'exploitation et d'interpréter l'aspect actuel de l'île.

L'assemblage herbacé est bien développé aussi sur le côté sud-ouest et autour de la pointe sud de l'île, mais forme une végétation plus basse. Sans doute à la suite de la compaction du sol, les pistes qui partent de la station météorologique en ruines se reconnaissent encore à leur végétation très basse et riche en graminées. Sur les dallages phosphatiques (pl. VI et VIII, fig. 21 et 27), particulièrement bien développés au sud de l'atoll, l'assemblage herbacé se limite surtout à des touffes de *Sida* et *Solanum* ou à de grands coussins de mousses (*Bryum*), séparés par de larges étendues sans végétation.

Un autre type de végétation important à Clipperton est un tapis de *Ipomœa pes-capræ* (pl. V et XI, fig. 15, 43 à 45). Les grandes lianes épaisses, avec leurs feuilles d'un vert vif fourchues au sommet comme le sabot d'une chèvre, recouvrent la bande de terre sur toute sa largeur dans la région de l'épave et du Camp des Naturalistes, submergent les embarcations et autre matériel abandonné, et forment un épais rideau par-dessus les falaises ou les cordons littoraux du lagon sur presque tout le pourtour de l'île, sauf dans la partie sud. Ces tiges peuvent aussi s'allonger parmi l'assemblage herbacé, par exemple au sud-ouest où elles recouvrent les ruines de la station américaine, et dans la partie nord-ouest. Là, les longues branches d'*Ipomœa pes-capræ* proviennent de « troncs » noueux très semblables à de vieux ceps de vigne et hauts de plusieurs décimètres. Cette forme particulière semble indiquer que, pendant une période sèche, les tiges meurent et les « troncs » assurent la vie ralentie de la plante. Je n'ai pas trouvé de description de telles bases ligneuses épaisses chez cette espèce, mais des « troncs » semblables et encore plus gros ont été observés chez une autre espèce, *Ipomœa tuba*, à l'île Pokak dans les Marshall du nord (FOSBERG, 1955) où la saison sèche est très prononcée.

Près du lagon, sur les vasières, les petites mares ou les fossés, la végétation est formée par plusieurs Cypéracées (pl. VI et VII, fig. 21 et 23), qui croissent toujours en peuplements d'une seule espèce : les grandes tiges d'un bleu-vert sombre de *Scirpus rubiginosus* forment de petits massifs sur le Crochet et en quelques points de la côte est du lagon, où elles sont enracinées dans la boue, sous une faible épaisseur d'eau. Dans des sites semblables, mais plus étendus, on rencontre les plantes vert vif de *Eleocharis*

mutata, qui forment des bandes étroites et denses ou des festons le long des rivages du lagon, et qui remplissent quelques dépressions peu profondes. En arrière, dans la boue humide, mais hors de l'eau, croissent les petites touffes vert tendre de *Eleocharis geniculata*. *Hemicarpha micrantha*, la dernière espèce de Cypéracée préfère les endroits encore moins humides, et ses petites touffes gris-vert sont même les seules à pousser dans des endroits franchement secs. A la base du Crochet se trouve une mare où ces espèces croissent en un arrangement concentrique remarquable, qui illustre leurs besoins variables d'humidité du sol : *Eleocharis mutata* forme un grand peuplement au centre de la mare, dans l'eau. *Eleocharis geniculata* l'entoure d'une large zone, et des touffes d'*Hemicarpha* sont disséminées en une troisième zone, sur le sol plus sec. L'agrion *Ischnura ramburii* (det. C. F. HARBISON) est très abondant parmi les tiges d'*Eleocharis mutata*, et cette plante, de même que *Scirpus*, est utilisée par les foulques pour faire leurs nids.

Un type de végétation qui n'est pas toujours reconnu comme tel, est formé par les incrustations d'algues Cyanophycées qui teintent le sable en vert et le corail en noir tout autour de l'atoll. Leur rôle dans l'écologie des atolls est mal connu, mais on a suggéré certaines conséquences possibles de leur existence : il se peut que les espèces qui poussent dans le sable aient un rôle dans la fixation des sédiments (CLOUD, 1952, p. 61; DOTY, 1957). On a avancé aussi (DOTY, 1957; NEWHOUSE, 1954, p. 53) que le rôle de ces algues dans le cycle de l'azote peut être très important, vue la pauvreté des sources d'azote sur les atolls. Mais cette hypothèse n'a pas été démontrée dans les îles coralliennes, quoique dans les sables gypseux, type comparable de milieu très stérile, on ait pu mettre en évidence une augmentation du taux de l'azote dans les croûtes superficielles formées par des algues (SHIELDS *et al.*, 1957). La part des champignons du sol dans l'écologie des atolls est mal connue, mais ils doivent jouer un rôle important dans la décomposition de la matière organique; une flore mycologique du sol assez importante existe à Clipperton (cf. p. 96, et SACHET, 1962).

VÉGÉTATION DU LAGON

Outre les algues, libres ou fixées, la végétation du lagon (pl. XI, fig. 44) comprend des phanérogames aquatiques capables de vivre en eau saumâtre. Lorsqu'elles sont vivantes, elles forment de grands herbiers dans les parties peu profondes du lagon, en particulier le long de l'Isthme, autour du Rocher, dans la Baie de la Pince, et autour des Iles Egg. *Najas marina* est la plus abondante de ces plantes; ses tiges, longues de plusieurs mètres, doivent être enracinées au fond. *Potamogeton pectinatus* n'a été observé que près d'une de ces îles. *Ruppia maritima* est très abondante, fixée aux rochers des rivages, légèrement en dessous du niveau de l'eau, et mêlée aux algues filamenteuses. De grandes masses de tiges mortes de ces plantes flottent à la surface du lagon, et sont poussées sur les plages et déposées en longs rouleaux par les vents lorsqu'ils soufflent longtemps de la même direction. Les petits invertébrés du lagon, par exemple un isopode très abondant, *Cirolana* sp., vivent parmi ces masses végétales et s'y nourrissent.

En août 1958, au moins deux plantes qui vivaient autrefois dans le lagon n'ont pu être retrouvées. Ce sont le *Chara* récolté en 1938 (TAYLOR, 1939), et une phanérogame qui ressemble à *Zostera marina* et qui se reconnaît en grande abondance sur une excel-

lente photo prise en 1943 (BYRD, 1943, vol. 4, photo 15). Quelle peut avoir été la cause de la disparition de ces plantes ? Il se peut qu'elles ne se soient jamais vraiment établies, mais qu'elles n'aient fait que multiplier pendant une période assez courte après leur introduction à Clipperton. Elles peuvent aussi avoir été bien établies, puis détruites par un changement des conditions du milieu, par exemple un changement de salinité de l'eau du lagon.

VIE ANIMALE

MAMMIFÈRES. — MORRELL, qui visita Clipperton en 1825, écrivait (1832, p. 219) : « les otaries à fourrure et les éléphants de mer viennent ici en petit nombre aux saisons appropriées... Après avoir pris les quelques otaries que l'on puisse trouver aux environs de l'île... » Il n'y a pas d'autre mention de pinnipèdes à Clipperton dans la littérature. Des ouvrages récents (ALLEN, 1942, p. 440; SCHEFFER, 1958, p. 78) discutent les observations de MORRELL sur d'autres îles du Pacifique oriental mais ne disent rien de ses remarques sur Clipperton. Dr. CARL HUBBS (conversation) pense toutefois qu'il n'y a pas de raison de douter de l'exactitude de ces remarques.

Dans le Pacifique oriental, il existe trois types d'otaries à fourrure (ours marin), l'otarie des Galapagos (*Arctocephalus australis galapagoensis* Heller), l'otarie de Philippi des îles Juan Fernandez (*A. philippi philippi* [Peters]) et l'otarie de l'île Guadalupe, ou otarie à fourrure de Californie (*A. philippi townsendi* Merriam). Toutes ont été massacrées sans merci pour leur fourrure, et celle de Juan Fernandez est probablement éteinte. On pensait qu'il en était peut-être de même de celle de l'île Guadalupe lorsque le Dr. HUBBS (1956) en découvrit un petit nombre sur cette île en 1954. On ne peut que spéculer sur l'identité possible de l'otarie de Clipperton, mais la position de l'atoll à mi-chemin entre les aires d'habitat de ces différentes espèces, qui sont toutes en voie de contraction, rend la question particulièrement curieuse.

L'éléphant de mer du nord (*Mirounga angustirostris* [Gill]) ne se trouve de nos jours que sur quelques îles au large de la Californie et de la Basse Californie, mais autrefois son aire était beaucoup plus vaste et englobait peut-être Clipperton. Avec la disparition des pinnipèdes, il ne resta aucun mammifère indigène à Clipperton.

Des cochons furent amenés à Clipperton vers 1897, année où fut prise une photographie (Mexico, 1911 ?) qui en montre deux avec les deux premiers cocotiers sur la partie nord-est de l'île. D'après les journaux de l'époque (ANON., 1898), ces deux cochons auraient été des rescapés du naufrage (1^{er} mai 1897) du bâtiment anglais *Kinkora*. En 1917, quand l'exploitation du phosphate cessa, et quand les quelques personnes survivantes furent retrouvées et sauvées par la canonnière américaine *Yorktown*, environ une douzaine de cochons vivaient à l'état sauvage sur l'île, car les rescapés n'avaient pu ni les attraper ni les tuer (MORRIS, 1934).

Tous les voyageurs qui ont visité l'île entre cette époque et 1958 mentionnent la présence de ces cochons et estiment leur nombre aux environs de 50. En août 1958, il y en avait 58 et tous furent tués parce qu'ils semblaient tourmenter les oiseaux qui nichent sur l'île. Ils vivaient dans les cavernes du Rocher et se cachaient parmi les plantes buissonnantes à sa base, dans les fourrés de jeunes cocotiers près de la Baie de la Pince ou dans l'épaisse couverture de *Ipomœa pes-capræ* au bord du lagon. Leur crottin était bourré de débris végétaux et de morceaux de carapaces de crabes, et ils

se nourrissaient probablement aussi d'œufs et peut-être même de jeunes oiseaux. Ces cochons étaient soit noirs, soit d'un rose sale, tacheté.

Contrairement à bien des îles océaniques, l'île Clipperton avait été longtemps protégée contre l'introduction fortuite de rats ou de souris par le fait que les navires ne peuvent aborder, et que visiteurs et provisions doivent être transbordés dans de petites embarcations. Mais, en août 1958, un de mes compagnons, M. DAVID PETERSON, observa une souris dans une des huttes en ruines de la station américaine. On peut se demander quand cette espèce est arrivée sur l'île, et si la disparition des cochons favorisera sa multiplication.

OISEAUX. — Les premiers visiteurs à Clipperton mentionnent l'extrême abondance des oiseaux de mer qui y perchent et y nichent. MORRELL, en 1825, trouva « l'île entière... littéralement couverte d'oiseaux de mer » et BELCHER emploie presque les mêmes termes. Le COAT DE KERVÉGUEN écrit : « Le chiffre des oiseaux qui habitent cette île est innombrable » et le Capitaine DETAILLE mentionne « une immense quantité d'oiseaux fous et frégates » (France, 1912). En 1958, même les espèces les plus abondantes ne formaient plus que des groupes de quelques centaines environ, et il était bien évident que le nombre des oiseaux avait considérablement diminué à une époque antérieure. Les espèces les plus communes étaient des fous, des noddis et autres sternes, et des frégates.

En 1958, les fous bruns (fous à ventre blanc) avaient des œufs et des jeunes de tous âges. Ils nichaient en très grand nombre sur le Rocher (pl. XII, fig. 47) qu'ils partageaient presque exclusivement avec les noddis à tête blanche. Ils occupaient aussi les corniches et pointements de rocher des falaises du lagon. Tous les morceaux de roche détachés de la falaise et formant des pinacles isolés en avant de la falaise portaient une famille de fous bruns. On en retrouvait aussi, en compagnie d'autres espèces, dans les cocotiers et sur l'épave. Leurs nids grossiers étaient construits de lianes sèches d'*Ipomœa pes-capræ* et d'herbe, avec parfois une brindille verte d'*Heliotropium*, peut-être utilisée comme décoration. Le long des falaises, les nids paraissaient plus importants que sur le Rocher, et étaient très propres, car ces oiseaux peuvent projeter leur guano très loin du nid. En novembre 1898 (SNODGRASS et HELLER, 1902), les fous bruns étaient nombreux et nichaient sur les rivages du lagon. En août 1905 (GIFFORD, 1913), ils nichaient abondamment tout autour de l'île.

Les fous à face bleue (fou à masque) étaient beaucoup moins abondants que les fous bruns en 1958. Ils se trouvaient surtout sur les îles Egg et sur la bande de terre du nord-ouest, avec quelques paires disséminées ailleurs sur l'atoll. Je n'en ai vu qu'un, à bec rouge orange, qui ait un œuf. Ces fous ne font pas de nid, mais déposent leur œuf à même le sol dans une légère dépression. En novembre 1898, ils nichaient en nombres immenses; en novembre 1901, BECK (1907) en vit des milliers, et en août 1905 une colonie assez importante vivait sur l'île parmi les fous bruns, mais sans nicher. Il est possible que ces fous soient plus nombreux à Clipperton pendant l'automne, quand ils ont des œufs et des petits, que pendant l'été.

SNODGRASS et HELLER pensaient que l'absence de fous à pattes rouges à Clipperton devait être liée à l'absence d'arbustes. En août 1958, Dr. STAGER en observa un perché sur un cocotier près du Rocher.

Outre les fous, les oiseaux les plus en évidence à Clipperton étaient les noddis

(pl. VIII, fig. 30). Les noddis communs (noddis bruns, noddis niais) se rencontraient un peu partout sur l'île; ils partageaient les falaises du lagon avec les fous bruns, et les îles Egg avec les fous à face bleue et les sternes fuligineuses (hirondelles de mer). Ils nichaient aussi sur les bateaux et véhicules abandonnés qui rouillent un peu partout. Leurs nids grossiers étaient bâtis surtout de tiges d'*Ipomæa* avec parfois une branche verte feuillée d'*Heliotropium*. Quelques-uns nichaient à même le sol, sans nid ou avec un semblant de nid formé de quelques cailloux et branchettes parmi les longues tiges d'*Ipomæa*. En août, ils avaient des œufs, et les poussins commencèrent à éclore pendant mon séjour. En 1898, ils étaient très abondants sur le Rocher et, en 1905, sur le Rocher et les îles du lagon.

Les noddis à tête blanche (noddis noirs) sont difficiles à distinguer des noddis communs si on ne les voit pas ensemble. Ils sont un peu plus petits, et le plumage est plus foncé et la petite calotte blanche plus marquée que chez les noddis communs. En 1958, ils nichaient en très grand nombre sur le Rocher Clipperton, occupant toutes les anfractuosités et projections de la roche, et les corniches trop petites pour les fous bruns. Les nids sont des tas de branchettes, décorés de pousses d'*Heliotropium*; certains nids épais, incrustés de guano, paraissent être de vieux nids réutilisés. Parfois, les œufs sont placés à même le sol. Le guano dégoutte des nids, formant des trainées blanches sur la roche volcanique. J'ai vu des noddis de l'une ou l'autre espèce saisir des branches mortes d'*Ipomæa*, tirer dessus et s'envoler en transportant des tiges bien plus longues qu'eux. Les noddis du Rocher avaient des œufs et, vers la fin de mon séjour, des poussins. Les noddis à tête blanche nichaient aussi dans les cocotiers proches du Rocher dont ils abîmaient beaucoup les frondes, et plus particulièrement les inflorescences jeunes qu'ils écrasaient et engluaient de guano. En novembre 1898, seuls des jeunes de cette espèce se trouvaient à Clipperton, associés aux noddis communs. En août 1905, ils nichaient en grand nombre sur le Rocher, et faisaient leurs nids en entassant des algues (ou plus probablement des phanérogames aquatiques) du lagon.

Les sternes fuligineuses (pl. XI, fig. 46) occupaient par petits groupes la partie sud-est de l'île, en face du Rocher, et les îles Egg. Une colonie plus importante qui se tenait près de l'angle nord de l'île se déplaça un peu vers l'ouest, peu de jours après notre arrivée, s'installa sur la pente interne de la crête de corail, et se mit à pondre les œufs à même le sol, parmi les morceaux de corail, sans le moindre semblant de nid. En 1898 et 1905, ces sternes nichaient par milliers sur les îles Egg. Ces oiseaux blancs et noirs peuvent former des colonies immenses sur certaines îles, mais si leur nombre diminue par trop, il leur arrive de désertir des îles où ils étaient auparavant très nombreux, comme par exemple à l'île Canton (MURPHY *et al.*, 1954). Les sternes fuligineuses sont extrêmement criardes, d'où un de leurs noms anglais : wideawake. Leur clameur continue change de ton quand on s'approche et devient absolument assourdissante. Les adultes restent sur l'œuf ou le poussin jusqu'à ce qu'on soit tout près d'eux, puis s'élèvent en un nuage hurlant. Heureusement, on échappe à la pluie de guano si caractéristique et désagréable sous un vol de fous, de noddis ou de frégates, et les sites des colonies sont remarquablement propres, car ces oiseaux laissent plutôt tomber le guano au-dessus de l'océan.

Les sternes blanches (pl. XII, fig. 49) n'ont apparemment jamais été très nombreuses à Clipperton, tous les observateurs n'en mentionnent que quelques paires. En 1958, les couples étaient disséminés un peu partout autour de l'île et avaient des œufs sur les

gros blocs de corail isolés, ou sur les frondes des palmiers et les baraques en ruines du sud-ouest. Les poussins, bigarrés de beige, marron et noir, et fort bien camouflés, commençaient à éclore à la fin de mon séjour. La sterne blanche ne fait jamais de nid, mais dépose son œuf unique en équilibre sur une branche ou un rocher; il est difficile d'imaginer comment l'oiseau quitte l'œuf ou y revient sans le faire tomber, et surtout comment le poussin éclôt sans précipiter l'œuf par terre, mais ces accidents sont remarquablement rares. Cet oiseau ravissant est célèbre aussi par son plumage neigeux contrastant avec un bec noir bleuté, un grand œil noir agrandi encore par un cercle étroit de plumes noires, et des pattes d'un bleu-gris plus ou moins foncé. De loin, les ailes sont translucides à contre-jour, et ont fait comparer l'oiseau fée, ou oiseau du Saint Esprit (fairy tern, Holy Ghost bird) à une petite âme désincarnée (MURPHY, 1936, p. 1165). Lorsqu'on l'approche, la sterne blanche est moins éthérée, et les couples aiment à voltiger très près de l'intrus, tournant autour de sa tête comme de gros moustiques, bavardant sans arrêt et le fixant de leurs yeux curieux. Les sternes fées sont aussi capables de pêcher plusieurs petits poissons à la suite, et de les conserver en travers du bec tout en continuant à en attraper jusqu'à une douzaine. Après quoi elles savent les enfoncer un par un dans le gosier béant du poussin.

Les grandes frégates, en 1958, occupaient un terrain sablonneux jonché de blocs de corail et de débris flottés dans l'angle est de l'atoll (pl. XII, fig. 48), et avaient parmi elles des jeunes presque adultes. Vers la fin de mon séjour, les frégates paraissaient se préparer à nicher dans les cocotiers du sud-ouest de l'île. Ces oiseaux avaient été observés en 1898 et 1905, et BELCHER (1843) en parlait déjà. Les mâles sont noirs, avec une bande marron foncé sur les ailes; les femelles noires, avec la poitrine blanche; chez les jeunes, la poitrine blanche est tachée de roux. Les frégates sont parmi les meilleurs voiliers, MURPHY (1936, p. 924) considère que comme machines volantes, elles sont sans rivales; de tous les oiseaux, elles ont la plus grande surface portante par rapport au poids. Ce sont des pirates qui, bien qu'excellents pêcheurs, se nourrissent en intimidant d'autres oiseaux, surtout les fous, et en leur faisant dégorger les poissons qu'ils ont attrapés.

La dernière espèce d'oiseau observée en grand nombre à Clipperton en août 1958 est le foulque d'Amérique. Ces oiseaux noirs à fort bec blanc nageaient sur le lagon et se promenaient sur le rivage; quelques nids de tiges de Cypéracées se cachaient parmi ces plantes, et certains oiseaux avaient des petits nageant en file derrière eux. Les foulques avaient déjà été vus à Clipperton, par BECK, en 1901. De même que les canards, absents en août 1958, mais nombreux en novembre d'après SNODGRASS et HELLER et surtout BECK, les foulques ont probablement joué un rôle très important dans la formation de la flore du lagon. Il est probable que les phanérogames aquatiques, les Cypéracées du rivage, le *Chara* maintenant disparu, et même les algues microscopiques du lagon (PROCTOR, 1959) ont été transportés par ces oiseaux, soit dans leurs tubes digestifs, soit dans de la boue attachée aux pattes, dans leurs migrations d'Amérique du Nord vers le Sud. Les oiseaux limicoles, qui ne se trouvaient à Clipperton qu'en petit nombre en août 1958 (pluvier doré, butor, barge, chevalier, bécasseau, tournepierre), sont peut-être beaucoup plus nombreux à d'autres saisons et contribuent peut-être aussi au transport de graines de plantes aquatiques. Même les oiseaux de mer mangent parfois des plantes et surtout des graines (GUPPY, 1906; RIDLEY, 1930; FOSBERG, 1957), et sont peut-être responsables de l'introduction de certaines espèces sur les îles océaniques, bien que le transport de graines ou fruits collants ou épineux accrochés aux plumes soit

sans doute plus courant. A Clipperton, il se peut que les fous et les noddis disséminent d'un point à l'autre de l'île certaines plantes, surtout *Heliotropium*, dont ils transportent souvent de petites branches.

Outre leur rôle probable dans l'apport d'espèces végétales à Clipperton, les oiseaux peuvent avoir d'autres effets sur la végétation. Dans d'autres îles très éloignées les unes des autres, on a pu montrer que les oiseaux de mer sont parfois nuisibles pour la végétation, et peuvent même la détruire. VESEY-FITZGERALD (1941) émet l'opinion que les sternes fuligineuses sont capables de détruire la végétation basse ou du moins de l'empêcher de se développer. Les oiseaux qui nichent dans les arbres ou arbustes les abîment beaucoup : à l'île Canton, les frégates et les fous à pattes rouges semblent amener la mort des arbres ou arbustes de *Scævola*, *Cordia* et *Messerschmidia* (HATHEWAY, 1955, pp. 5-8). Sur l'atoll de Kapingamarangi dans l'archipel des Carolines, où le climat est pourtant beaucoup plus humide, les arbres à pain sont abîmés, et peut-être tués par l'accumulation du guano des noddis à tête blanche (NIERING, 1956, p. 19). Un autre exemple est celui des îles Chesterfield dans la mer de Corail (COHIC, 1959). La flore de 20 phanérogames y forme une végétation assez semblable à celle de Clipperton, sauf qu'il s'y trouve des arbustes de 2 m de haut de *Sophora tomentosa*, *Scævola sericea* et *Colubrina asiatica*. Les plantes ligneuses, et aussi les quelques cocotiers introduits, sont très endommagés par les frégates et les fous à pattes rouges qui s'y tiennent et qui y nichent. A Clipperton, où les sources possibles de graines sont très pauvres, les oiseaux de mer, à une époque où ils étaient beaucoup plus nombreux qu'à présent, ont pu empêcher l'établissement de certaines plantes, en particulier des arbustes et arbres : On peut imaginer que de rares graines de telles plantes aient pu être amenées par les flots, ou autres agents de transport, et que des plantules encore plus rares aient pu croître et s'établir sur l'île en dépit des crabes. Alors les oiseaux qui peuvent nicher indifféremment par terre, sur le Rocher ou sur des arbres, se seront sans doute installés sur ces plantes ligneuses en grand nombre et les auront détruites. On a déjà mentionné que les oiseaux abîment nettement les cocotiers situés près du Rocher et en empêchent probablement la multiplication. Inversement, l'absence totale d'arbres sur l'île jusqu'à l'introduction récente des cocotiers a empêché l'établissement d'oiseaux qui existent dans le Pacifique oriental, mais nichent exclusivement dans les arbres. C'est le cas du fou à pattes rouges. On peut se demander si l'accroissement récent des bouquets de cocotiers amènera un changement de la faune avienne et, par exemple, permettra l'établissement d'oiseaux qui nichent dans les arbres. Il est impossible de faire des prévisions, car de nombreux facteurs jouent un rôle dans la modification de la faune, mais il sera certainement très intéressant de suivre les changements possibles au cours d'explorations périodiques de l'île.

Il est bien évident que les oiseaux exercent un effet indirect sur la végétation du fait de l'enrichissement du sol en phosphates. Sur d'autres atolls (COHIC, 1959), on a même suggéré que la teneur très élevée du sol en phosphates et nitrates peut nuire à la végétation. Rien de probant, ni pour ni contre cette possibilité, n'a été observé à Clipperton.

D'une manière générale, l'influence des populations d'oiseaux sur Clipperton est particulièrement frappante si l'on considère l'importance des dépôts phosphatés, et surtout la profonde altération du trachyte du Rocher. Peut-être l'étude détaillée de ce dernier phénomène permettrait-elle de se faire une idée du temps qu'il a fallu pour

qu'il s'accomplisse. En tout cas, il est bien évident que des oiseaux en nombres astronomiques ont dû vivre à Clipperton, et cela pendant une très longue période. Le petit nombre d'oiseaux qui demeurent sur l'île y ajoutent évidemment un peu de guano frais, mais on n'a pas pu établir si le phénomène de phosphatisation des calcaires coralliens se poursuit de nos jours.

REPTILES. — MORRELL (1832) écrivait que les tortues de mer (tortues vertes) venaient à Clipperton pour y pondre leurs œufs, mais cela n'a pas été signalé depuis. Il n'est pas impossible qu'il en ait été ainsi, bien que les plages de Clipperton ne soient pas très favorables à la nidification des tortues. Pendant mon voyage de San Diego à Clipperton en 1958, des tortues isolées se rencontraient de temps en temps nageant en pleine mer. En 1934, de la *Jeanne-d'Arc*, on en vit des milliers entre Panama et Clipperton (DIBEN, 1935). D'après CARR (1952), 4 espèces de tortues marines, outre la tortue verte, peuvent se rencontrer dans le Pacifique tropical oriental, mais la plupart de celles qu'on observe en mer ne sont pas identifiées.

Les petits lézards de Clipperton (*Emoia cyanura arundeli*) semblent avoir été observés pour la première fois par ARUNDEL en 1897 (GARMAN, 1899 a). En 1898 (HELLER, 1903) et 1905 (VAN DENBURGH et SLEVIN, 1914), ils habitaient surtout le Rocher, en très grand nombre, plutôt que l'anneau de corail. Ceci est curieux, car l'inverse était vrai en 1958 : les lézards étaient très abondants dans la végétation basse de l'atoll, particulièrement parmi les tiges d'*Ipomœa*. Leur coloration varie, de presque noir à brun avec des rayures bronze-doré. Aucun n'avait la queue bleue d'où l'espèce tient son nom, et qui s'observe couramment dans d'autres atolls. M. HARBISON et moi avons découvert leurs petits œufs ovales dans de vieilles noix de coco vides, sous les palmiers, et, une fois, sous un gros bloc erratique (pl. XII, fig. 50). Il est très possible que ces lézards aient vécu sur le Rocher à l'époque où l'absence de végétation et par conséquent la pénurie d'insectes et l'abondance des crabes rendaient l'anneau corallien inhospitalier.

Je cherchais des insectes avec M. HARBISON quand il doubla le nombre de reptiles connus de Clipperton en attrapant un gecko (*Gehyra mutilata* det. W. C. Brown). Cette petite bête se cachait parmi les racines aériennes d'une souche pourrie de cocotier, et son camouflage était remarquable. Il fallait un œil exercé pour discerner son existence. Au total nous en avons attrapé chacun deux, tous en plein jour et non loin du Rocher, et nous n'en avons pas vu d'autres.

INVERTÉBRÉS TERRESTRES ET LAGUNAIRES. — Parmi les invertébrés terrestres de Clipperton, la grande majorité sont rassemblés dans les bosquets de cocotiers, en particulier dans le petit groupe de palmiers à la base du Rocher. Fourmis, isopodes, collem-bola, araignées, perce-oreilles et même petits escargots sont très abondants à l'aisselle des frondes de cocotiers, dans la bourre humide des vieilles noix et dans la terre arable. Dans les vieilles noix, une scolopendre est commune, et les vers de terre sont très abondants dans la bourre et dans le sol. En 1958, on remarquait un assez grand nombre de mouches diverses, surtout parce que plusieurs cochons morts se trouvaient dans le bosquet. Des cafards courent dans les ruines de la station météorologique américaine. Ces insectes sont déjà mentionnés par ARUNDEL dans son journal inédit de 1897, et ont dû être amenés accidentellement sur l'île, ainsi d'ailleurs qu'un grand nombre d'autres espèces invertébrées. Les mêmes invertébrés se retrouvent dans le nord-ouest

de l'île, sous les blocs de corail ou dans le sol sous la couverture végétale. Les deux escargots, *Opeas* sp. et *Succinea* sp. se trouvent ensemble à la surface du sol, mais sous la couche superficielle de coraux branchus, ainsi que de nombreuses coquilles vides. Sur les plantes, une coccinelle, des sauterelles, fourmis et araignées sont nombreuses, mais les insectes qui attaquent le plus la végétation sont des papillons. Une petite espèce brune très abondante volète autour des plantes de *Cenchrus*. Les chenilles de *Prodenia sunia* (det. H. W. CAPPS) dévorent les feuilles de *Corchorus* et *Sida*, et celles du sphinx de la tomate (*Protoparce* sp.) sont fréquentes sur *Solanum*. Le plus frappant des papillons est le grand sphinx brun et rose (*Herse cingulata*, det. C. F. HARBISON) qui voltige en grand nombre au-dessus des fleurs d'*Ipomœa pes-capræ* et y puise avec sa longue trompe. Ses grosses chenilles vertes marquées latéralement de triangles marrons devinrent si nombreuses après mon départ de Clipperton qu'elles finirent par dévorer toutes les feuilles et fleurs de l'*Ipomœa* (HAMBLY, communication personnelle). Les cicindelles forment une nuée sautillante au-dessus des plages du lagon, et les agrions vivent surtout parmi les Cypéracées, à la base du Crochet.

Seuls les agrions, les cicindelles et quelques mouches avaient été mentionnés comme habitant l'île par SNODGRASS et HELLER (1902). En outre, ces naturalistes avaient récolté des poux d'oiseaux, un perce-oreille et un *Machilis*. Il est vrai que leur visite à Clipperton, et les séjours des naturalistes qui les suivirent, furent très brefs, quelques heures en général; des insectes ont dû échapper à ces collectionneurs. Mais, d'autre part, il est probable que pendant la période où l'île était dénuée de végétation un grand nombre d'insectes et autres invertébrés ne pouvaient pas s'y établir. Vraisemblablement, la faune s'est accrue récemment, après la formation d'un tapis végétal, et en partie grâce aux introductions accidentelles dues à l'activité humaine. Le phénomène inverse, la disparition d'espèces autrefois très abondantes, est plus curieux. C'est ainsi que *Machilis mutica* (BANKS, 1901), extrêmement abondant en 1898 sous la couche superficielle de coraux, d'après les notes inédites du Dr. SNODGRASS, n'a pas été retrouvé depuis.

Deux crustacés étaient particulièrement en évidence à Clipperton en 1958. Un isopode (*Cirolana* sp.) vivait en abondance dans le lagon, ou du moins dans ses parties peu profondes, près des bords. Apparemment, ces bestioles cherchaient leur nourriture parmi les masses de végétaux flottant dans le lagon; elles s'attachaient aux membres des baigneurs, les mordillaient d'une façon tenace, et rendaient le séjour dans l'eau très désagréable. Là encore une espèce abondante en 1898 n'a pu être retrouvée; il s'agit de *Tanais stanfordi* (RICHARDSON, 1901).

Les crabes terrestres rouge-orangé de Clipperton (*Gecarcinus planatus*) étaient assez abondants en 1958, mais infiniment moins qu'autrefois, où ils couvraient l'île par millions. La grande réduction de leur nombre a d'abord été signalée par le Dr. WALDO SCHMITT en 1938. En 1958, ils occupaient des trous creusés dans le sol, sous la végétation, l'ouverture du trou étant souvent située sous un morceau de corail. Ils habitaient aussi des fentes et interstices sous le rebord des gradins de conglomerat phosphaté. Pendant les heures chaudes ils restaient cachés, mais si le surplomb donnait un peu d'ombre on pouvait les apercevoir dessous, qui surveillaient les lieux. En fin d'après-midi, ou quand le ciel était couvert et le temps frais, ils sortaient et s'en allaient vers le lagon, dégringolant le long des falaises ou par-dessus la levée de corail vers l'océan, apparemment à la recherche de l'eau. Je les ai vus se laisser tomber dans le lagon.

Les crabes terrestres cherchent l'eau pour y libérer les larves qui ont commencé leur développement dans les masses d'œufs.

Quelques crabes du littoral traversent la bande de terre formant l'île et se rencontrent parfois sur les bords du lagon. Il y a plusieurs espèces de bernard-l'hermite sur le récif, mais l'absence de pagures terrestres à Clipperton est très frappante; sur la plupart des îles coralliennes il y en a une ou plusieurs espèces, ils sont en général très nombreux et jouent un rôle important dans la vie de l'atoll.

D'autres invertébrés qui n'avaient pas été récoltés à Clipperton avant l'expédition de 1958 sont des vers de terre, d'assez petite taille. Ils sont extrêmement abondants dans la couche superficielle foncée du sol sous les palmiers à la base du Rocher. On en trouve aussi dans la bourre humide des vieilles noix de coco. Ailleurs, on les rencontre sous les gros blocs de corail semés parmi la végétation ou même, après la pluie, à la surface du sable mouillé. D'après Dr. G. E. GATES, au moins deux espèces sont représentées (cf. p. 94).

Histoire écologique.

Il n'est évidemment pas possible de reconstituer exactement l'histoire de la flore et de la faune de Clipperton, même pour une période assez courte, mais certains changements et certaines corrélations sont reconnaissables lorsqu'on étudie la bibliographie de l'île et son aspect à l'heure actuelle. On peut ainsi dégager un enchaînement possible de cause à effet dans l'écologie de l'atoll : les premières descriptions mentionnent la présence d'une certaine végétation, mais dès 1858, celle-ci avait disparu, et les crabes terrestres étaient devenus extrêmement abondants. L'île était rouge de crabes. Cet état de choses devait persister au moins jusqu'en 1917. De nos jours, l'île a un tapis végétal assez bas, mais presque continu, et les crabes sont bien moins nombreux. Un autre changement très évident intéresse les lézards, qui, autrefois presque confinés sur le Rocher, y sont maintenant rares, mais sont très nombreux sous le couvert de la végétation. Ces phénomènes sont très probablement liés, et peuvent peut-être s'expliquer. La végétation disparut entre 1839 et 1858, dans le même intervalle où se fermèrent les passes du lagon observées par BELCHER. Il est très possible que la même tempête qui obstrua les chenaux, inonda aussi une large portion de l'île, et détruisit une bonne partie de la végétation. Les crabes terrestres dévorèrent probablement ce qu'il en restait et, par la suite, continuèrent à faire disparaître toutes les plantes au fur et à mesure qu'elles réussissaient à croître. Les grandes colonies d'oiseaux peuvent aussi avoir empêché la végétation de réapparaître. La surface de l'île, privée de végétation et couverte de crabes rouges, n'était évidemment pas un habitat très convenable pour les lézards, qui devinrent plus nombreux dans les couloirs et les anfractuosités du Rocher. C'est probablement l'influence de l'homme qui intervint pour amener le processus inverse. Les ramasseurs de phosphate ont dû assommer un très grand nombre de crabes et détruire leurs trous, en même temps qu'ils amenaient des graines de plantes, pour leurs jardins ou par accident. Cependant, le facteur le plus important est probablement la multiplication des cochons, qui se trouvèrent en liberté sur l'île à partir de 1914. Ils trouvaient peu à manger, en dehors des crabes, et durent en tuer des quantités. En 1958, leur crottin paraissait parfois entièrement fait de carapaces de crabes, et il

est vraisemblable que les immenses quantités de crabes qui coloraient l'île en rouge autrefois disparurent de la sorte. Peu à peu les plantes qui ne cessaient de réapparaître à partir de graines flottées ou amenées par d'autres agents naturels, et par les habitants, devinrent trop nombreuses pour que les crabes survivants et les quelques cochons puissent les détruire entièrement, et la couverture herbacée de l'île se rétablit. En même temps, les cochons dévoraient aussi des œufs d'oiseaux, effrayaient les oiseaux et contribuaient probablement à en diminuer le nombre. Les ramasseurs de phosphate durent commencer et encourager ce processus en grattant le sol parmi les colonies d'oiseaux, en assommant les oiseaux et en enlevant de grandes quantités d'œufs. En 1958, tous les cochons furent tués dans l'espoir que les colonies d'oiseaux redeviendraient plus nombreuses. Il est impossible de prévoir si ce but sera atteint ou si d'autres conséquences en découleront. Il sera intéressant de suivre cette expérience. La situation écologique avait peut-être atteint un certain équilibre qui a ainsi été rompu, et aurait peut-être pu persister, à moins de changements catastrophiques. Il n'est pas du tout certain que les populations d'oiseaux augmenteront, en l'absence des cochons, et des changements tout autres se produiront peut-être.

De même que les considérations biogéographiques, l'étude de l'écosystème de l'île Clipperton ne peut être menée plus avant dans l'état actuel de nos connaissances. En particulier, l'analyse des biocénoses dans le contexte de l'habitat ne pourra être entreprise que lorsque toutes les collections zoologiques auront été déterminées; elle nécessitera de nouvelles visites à l'île, où les éléments connus de la faune et de la flore pourront être étudiés dans leurs rapports avec les sols, la topographie, en d'autres termes, avec l'ensemble du milieu physique.

CATALOGUE DES FAUNES ET FLORES MARINES ET TERRESTRES

Il a paru préférable de séparer ce catalogue en deux parties, faune et flore marines, et faune et flore terrestres et lagunaires. Le nombre de groupes ou de formes qui se retrouvent dans les deux est en effet très restreint. Les catalogues des flores sont aussi complets que possible en l'état actuel des collections. Il n'en est pas de même des faunes. Ce n'est qu'en 1958 qu'on a fait un réel effort pour étudier les faunes de l'île Clipperton, et les déterminations de la plupart des formes récoltées ne sont pas terminées ou, en tout cas, pas encore publiées. Le catalogue comprend tous les groupes qui sont signalés, à ma connaissance, dans les publications zoologiques sur l'île. Les références à ces articles sont indiquées entre parenthèses soit après le nom du groupe, soit après celui d'une espèce particulière. D'une manière générale, lorsqu'une espèce a été signalée plusieurs fois, seules les références les plus récentes sont indiquées. On n'a fait aucun effort pour mettre à jour la nomenclature des noms scientifiques, et il n'est pas impossible que, dans certains cas, une même espèce figure dans le catalogue sous deux noms différents. Un grand travail de révision est en préparation par les spécialistes de groupes divers qui étudient les collections récentes, et le présent catalogue n'est pas destiné à devancer ces travaux monographiques, mais simplement, dans l'attente de

leur parution, à donner une idée générale de la nature et de l'importance des faunes à Clipperton. Toutefois, les collections de 1958 ont tellement accru le nombre de groupes connus sur l'île, que j'ai demandé aux spécialistes qui étudient certains d'entre eux de bien vouloir me fournir quelques renseignements inédits pour que ce catalogue représente plus exactement la faune. J'ai ainsi reçu des personnes dont les noms suivent, des listes d'ordres, de familles ou d'espèces dans les groupes indiqués : Drs. E. C. ALLISON (foraminifères, coraux, mollusques, ostracodes, échinoïdes); WAYNE BALDWIN (poissons); T. E. BOWMAN (isopodes); W. C. BROWN (reptiles); T. H. BULLOCK (enteropneustes); FENNER CHACE, Jr. (décapodes autres que les brachyures); ELIZABETH DEICHMANN (holothuries); J. S. GARTH (brachyures); G. E. GATES (oligochètes terrestres); CADET HAND (anémones de mer); C. F. HARBISON (insectes et autres invertébrés terrestres); DAVID PETERSON (rongeurs); E. S. REESE (sipunculides); F. C. ZIESENHENNE (ophiures et astéroïdes). Je tiens à exprimer ici à tous ces spécialistes ma profonde reconnaissance pour l'aide qu'ils m'ont si généreusement apportée. Lorsque les travaux qu'ils préparent seront publiés, la faune de Clipperton sera incomparablement mieux connue qu'elle ne l'est à présent et pourra prendre la place qui lui revient dans la compréhension des faunes insulaires et de la biogéographie du Pacifique. Dans le catalogue, les espèces ou groupes signalés pour la première fois à la suite de l'expédition de 1958 ou d'autres collections récentes, et dont la présence à Clipperton est jusqu'à présent inédite, sont indiqués par un astérisque.

FAUNE MARINE

PROTOZOA

FORAMINIFERA : *Buliminidæ* : *Angulogerina albatrossi* var. *ornata* Cushman (Velero III, station 427, Cushman et McCulloch, 1948); *Loxostoma limbatum* (H. B. Brady) (station 427, Cushman et McCulloch, 1942).

* En 1958, 68 espèces furent récoltées.

PORIFERA (de LAUBENFELS, 1939)

HAPLOSCLERIDA : *Haliclonidæ* : *Haliclona enamela* de Laub. (récif). — *Callyspongiidæ* : *Callyspongia vaginalis* Lam. ? (récif).

CELENTERATA

HYDROZOA : *Campanularidæ* : *Clytia cylindrica* Agassiz (65 fathoms, Fraser, 1938). — *Atractylidæ* : *Perigonimus repens* (Wright) (65 fathoms, Fraser, 1938).

*ALCYONARIA : *Helioporidæ* : *Heliopora caerulea* (Pallas) (corail bleu).

*ACTINARIA (anémones de mer, det. Cadet Hand, in lit.) : *Hormathiidæ* : *Hormathia* sp. ? (terrasse sous-marine, par 10 à 15 m de profondeur). — *Isophelliidæ* : *Telmatactis* sp., peut-être *T. panamensis* (Verrill) (Bord externe du récif).

MADREPORARIA : *Seriatoporidæ* (Hertlein et Emerson, 1957, det. Durham) : *Pocillopora meandrina nobilis* Verrill; *P. verrucosa* Ellis et Solander; *Pocillopora* sp. — *Agariciidæ* (Durham et Barnard, 1952) : *Pavona (Pavona)* cf. *explanulata* (Lam.); *P. (P.) gigantea* Verrill. — *Poritidæ* : *Porites* sp. (Hertlein et Allison, 1960 b). — *Caryophylliidæ* (Hertlein et Emerson, 1957, det. Durham) : *Cyathoceras* (?) sp. (110-150 fathoms); *Paracyathus* n. sp. (110-150 fathoms).

*ANTHIPATHARIA : 1 espèce récoltée en 1958.

* En tout, 14 espèces de coraux ont été récoltées en 1958.

PLATYHELMINTHES

TURBELLARIA : *Leptoplanidæ* : *Euplana clippertoni* Hyman (rochers sur le récif, Hyman, 1939).

ANNELIDA

POLYCHÆTA (Hartman, 1939) (rochers sur le récif) : *Amphinomidæ* : *Eurythæ complanata* (Pallas). — *Eunicidæ* : *Eunice (Palolo) siciliensis* Grube. — *Phyllodocidæ* : *Anaitides lamellifera* (Pallas). — *Chætopteridæ* : *Mesochætopterus minutus* Potts (sable sur le récif). — *Sabellariidæ* : *Idanthyrus pennatus* (Peters) (rochers sur le récif).

*SIPUNCULIDA

Aspidosiphon sp. ? (1 espèce récoltée en 1958 est proche de ce genre, d'après Dr. O. Hartman).

MOLLUSCA

PELECYPODA (*Lamellibranchiata*) (Hertlein et Emerson, 1953). — *Arcidæ* : *Acar* sp. — *Pectinidæ* : *Delectopecten zacæ* Hertlein. — *Anomiidæ* : *Anomia peruviana* d'Orbigny. — *Lucinidæ* : *Codakia* sp. (1) (coquilles mortes dans le lagon, Hertlein et Allison, 1960 a); *Ctena clippertonensis* (Bartsch et Rehder). — *Chamidæ* : *Chama squamuligera rubropicta* (Bartsch et Rehder).

* En 1958, en tout, 13 espèces de lamellibranches furent récoltées.

GASTROPODA : *Trochidæ* : *Clanculus (Panocochlea) clippertonensis* Hertlein et Emerson (dragué par 100 à 200 fathoms, H. et E., 1953). — *Neritidæ* : *Nerita plicata* L. (limite extrême des hautes mers, Hertlein et Allison, 1960 b). — *Littorinidæ* : *Littorina schmitti* Bartsch et Rehder (juste au-dessus du niveau à *Nerita*, H. et A., 1960 b). — *Janthinidæ* : *Janthina janthina* (L.) (pélagique, coquilles vides sur la plage). — **Vermetidæ* : formant des masses abondantes sur certains blocs coralliens). — *Hipponicidæ* : *Hipponix antiquatus* (L.) (coquilles mortes dans le lagon); *H. fimbriata* Bartsch et Rehder (récif et pente externe jusqu'à 40 m au moins); *H. pilosus* Deshayes (récif et pente externe jusqu'à 40 m au moins). — *Cypræidæ* (Hertlein et Allison, 1960 a) : *Cypræa albuginosa* Gray (bord du récif jusqu'à 10 m de profondeur); *C. arenosa* L. (une seule coquille usée, sur la plage); *C. caput-serpentis* L. (coquilles fraîches sur la plage); *C. depressa* Gray (coquilles usées sur la plage); *C. helvola* L. (coquilles usées sur la plage); *C. isabella mexicana* Stearns (récif et pente jusqu'à 10 m de profondeur au moins); *C. maculifera* Schilder (une seule coquille usée); *C. moneta* L. (coquilles usées abondantes); *C. moneta* L. var. allongée (coquilles mortes dans le lagon); *C. scurra* Gmelin (coquilles sur les plages de gravier); *C. teres* Gmelin (coquilles sur les plages de gravier); *Cypræa* cf. *C. vitellus* L. (une seule coquille usée sur la plage). — *Tonnidæ* : *Malea ringens* Swainson (quelques coquilles usées sur la plage, Hertlein et Allison, 1960 b). — *Cassididæ* : *Cassia (Cypræcassia) tenuis* Wood (quelques coquilles usées sur la plage). — *Cymatiidæ* : *Cymatium nicobaricum* (Röding in Bolten) (une seule coquille fraîche sur la plage); *C. vestitum* Hinds (coquilles fraîches assez communes sur les plages). — *Bursidæ* : *Bursa cruentata* (Sowerby) (au-delà de 10 m de profondeur); *B. granularis affinis* (Broderip et Sowerby) (récif et pente externe jusque vers 12 m de profondeur); *B. granularis* (Bolten) Röding (coquilles assez fraîches sur les plages). — *Coralliophilidæ* : *Corallio-phila violacea* (Kiener) (sur *Porites* et débris coralliens, bord du récif et pente externe au moins jusqu'à 18 m); *Magilus robillardi* Liénard (coquilles usées sur les plages); *Quoyula madreporarum*

(1) ARUNDEL (cf. p. 22) mentionne avoir récolté, en 1897, des coquilles d'huîtres perlières « très vieilles et fragiles », et des « pahua » incluses dans le conglomérat de l'île. « Pahua » est le nom polynésien des bénitiers. Ces coquilles appartiennent aux familles *Pteriidæ* et *Tridacnidæ* qui ne sont pas signalées dans le Pacifique oriental, mais comme ARUNDEL était un observateur très averti et prudent, ces remarques peuvent avoir de l'importance.

E. C. ALLISON (*in lit.*) suggère l'interprétation suivante : « les « pahua » mentionnées par ARUNDEL doivent être autre chose que *Tridacna*, peut-être les coquilles de *Spondylus* qui sont disséminées un peu partout sur l'île parmi les morceaux de corail. Ses huîtres perlières doivent être des spécimens de la grande *Ostrea*, peut-être *O. fisheri* Dall, dont nous avons trouvé des exemplaires morts en abondance dans le lagon. Les vraies huîtres perlières, telles que *Pinctada*, ne sont représentées dans nos collections de Clipperton que par quelques petites coquilles, dont aucune ne provient du lagon. » La confusion entre *Ostrea* et une huître perlière est facile à admettre, mais il est plus difficile de réconcilier la taille, la couleur et l'aspect des coquilles de *Spondylus* avec ceux des vraies « pahua ».

Sowerby (dans *Pocillopora*, récif et pente externe jusqu'à 18 m au moins). — *Thaididæ* : ***Dupra morum*** Röding in Bolten (une seule coquille un peu usée); ***D. ricina*** L. (coquilles usées sur les plages et sur un banc de sable par 21 m de profondeur); ***D. ricina albolabris*** (Blainville) (récif et pente externe jusqu'à 40 m au moins); ***Morula uva*** (Röding in Bolten) (récif et pente externe jusqu'à 20 m); ***M. uva aspera*** (Lamarck) (d'après Keen, 1958); ***Nassa francolinus*** (Bruguière) (coquilles usées sur les plages); ***Purpura nuttalli*** Conrad (H. et E., 1953); ***P. patula pansa*** Gould (une seule coquille vivante sur le récif); ***Thais hæmastoma biserialis*** (Blainville) (quelques coquilles usées sur la plage); ***T. planospira*** Lamarck (rares coquilles vivantes sur le récif); ***T. speciosa*** (Valenciennes) (quelques coquilles usées dans des dépôts de vagues de tempêtes). — *Buccinidæ* : ***Cantharus sanguinolentus*** (Duclos) (une seule coquille usée sur la plage). — *Nassariidæ* : ***Nassarius catallus*** Dall (H. et E., 1953). — *Mitridæ* : ***Mitra edentula*** Swainson (quelques coquilles usées sur le rivage); ***M. effusa*** Swainson in Broderip (quelques coquilles assez fraîches sur les plages); ***M. ferruginea*** Lamarck (coquilles fraîches ou usées sur les plages); ***Mitra*** cf. ***M. lignaria*** Reeve (quelques coquilles usées sur les plages); ***M. papalis*** L. (rares coquilles, fraîches ou très usées, sur les plages). — *Harpidæ* : ***Harpa gracilis*** Broderip et Sowerby (plusieurs coquilles usées dans des dépôts de vagues de tempêtes). — *Volutidæ* : ***Voluta ancilla*** Solander (H. et E. 1953); ***V. deshayesii*** Reeve. — *Conidæ* (Allison, 1959) : ***Conus brunneus*** Wood (coquilles vides, H. et A., 1960 a); ***C. chaldeus*** Röding (récif et jusqu'au bord externe de la terrasse); ***C. diadema*** Sowerby (terrasse sous-marine); ***C. ebraeus*** L. (récif jusqu'au bord externe de la terrasse); ***C. gradatus*** Mawe (coquilles vides, H. et A., 1960 a); ***C. tiaratus*** Broderip (région interne du récif); ***C. purpurascens regalitatus*** Dall (bord externe de la terrasse sous-marine); ***C. tessulatus*** Born (coquilles vides, H. et A., 1960 a). — *Terebridæ* : ***Terebra crenulata interlineata*** Deshayes (1 spécimen mort sur un banc de sable à environ 21 m de profondeur; quelques coquilles usées sur la plage).

* En tout, 73 espèces de gastéropodes furent récoltées en 1958.

***CEPHALOPODA** : De petits céphalopodes d'au moins 2 espèces étaient fréquents sur le récif après anesthésie par la poudre de *Derris*.

AMPHINEURA : Deux chitons trouvés dans *Pocillopora* sp. (Hertlein et Emerson, 1957).

* 1 espèce récoltée en 1958.

CRUSTACEA

***OSTRACODA** : 10 espèces d'ostracodes récoltées en 1958.

ISOPODA : *Ligidæ* : ***Ligia exotica*** (Roux) (plage humide, Richardson, 1901).

AMPHIPODA (Shæmaker, 1942) : *Gammaridæ* : ***Elasmopus rapax*** Costa; ***E. spinidactylus*** Chevreux; ***E. gracilis*** Schellenberg. — *Amphitoidæ* : ***Amphitæ plumulosa*** Shæmaker.

DECAPODA (Schmitt, 1939; Hertlein et Emerson 1957 d'après les déterminations de J. S. Garth) :

Penæidæ* : 1 espèce récoltée en 1958. — *Palæmonidæ* : *Brachycarpus biunguiculatus*** (Lucas) ;

*1 genre (1 espèce) de plus récolté en 1958. — *Alpheidæ* : ***Alpheus hawaiiensis clippertoni*** (Schmitt) ;

A. pacificus Dana; ***A. paracrinitus*** Miers var.; ***A. ventrosa*** M.-E. (Hertlein et Emerson, 1957);

Alpheus sp. (Schmitt, 1939); ***Pomagnathus corallinus*** Chace; ***Synalpheus nobili*** Coutière; *5 espèces

et 1 genre de plus récoltés en 1958. — *Hippolytidæ* : ***Lysmata paucidens*** Rathbun. — **Processidæ* :

1 espèce récoltée en 1958. — **Palinuridæ* : 1 espèce de langouste épineuse récoltée en 1958. —

Callianassidæ : ***Callianassa hartmeyer*** Schmitt. — *Porcellanidæ* (Haig, 1960) : ***Pachycheles biocellatus***

(Lockington); ***Petrolisthes marginatus*** Stimpson; *1 espèce récoltée en 1958. — **Paguridæ* :

3 espèces dans 2 genres, récoltées en 1958. — **Hippidæ* : 1 espèce récoltée en 1958. — **Oxysto-*

mata : en 1958, 4 espèces furent récoltées, appartenant à 4 genres, et 3 familles de ce groupe

ou de groupes voisins. — *Majidæ* : ***Teleophrys cristulipes*** Stimpson; *1 espèce de plus récoltée

en 1958. — *Portunidæ* : ***Thalamita roosevelti*** Schmitt; *3 espèces dans 2 genres de plus,

récoltées en 1958. — *Xanthidæ* : ***Actæa dovii*** Stimpson; ***A. sulcata*** Stimpson; ***Micropanope xantusii***

(Stimpson); ***Platypodia rotundata*** (Stimpson); ***Trapezia cymodoce ferruginea*** Latreille; ***T. digi-***

talis Latreille; *7 espèces dans 7 genres de plus récoltées en 1958. — *Grapsidæ* : ***Geograpsus lividus***

Milne-Edwards; ***Pachygrapsus minutus*** Milne-Edwards; ***Percnon abbreviatum*** (Dana); *3 espèces

dans 3 genres de plus récoltées en 1958.

***STOMATOPODA** : *Squillidæ* : 1 espèce récoltée en 1958.

BRYOZOA

ECTOPROCTA (Osburn, 1950, 1952) : **Alderinidæ** : ***Parrellisina curvirostris*** (Hincks). — **Cellariidæ** : ***Cellaria veleronis*** Osburn (par 75 fathoms). — **Crepidacanthidæ** : ***Crepidacantha poissoni*** (Audouin) (du rivage à 73 fathoms).

ECHINODERMATA

HOLOTHUROIDEA (det. E. Deichmann, *in lit.*) : ***Stichopodidæ** : ***Stichopus horrens*** Selenka (récolté en 1958). — **Holothuriidæ** : ***Semperothuria atra*** (Jaeger) (***Holothuria atra***, *in* H. L. Clark, 1902); ****Semperothuria flavomaculata*** (Semper) (récolté en 1958); ***Mertensiothuria leucospilota*** (Brandt) (Hertlein et Emerson, 1957, det. E. Deichmann); ***Microthele difficilis*** (Semper) (décrit comme ***Holothuria frequentiamensis***, H. L. Clark, 1902).

ASTEROIDEA** (det. F. C. Ziesenhenne, *in lit.*) : **Ophidiasteridæ** : ***Dactylosaster cylindricus (Lamarck) (trouvé vivant sur la plage en 1958). — **Mithrodiidæ** : ***Mithrodia bradleyi*** Verrill (à 60 m au large du rebord du récif, par 10 m de fond).

ECHINOIDEA : **Toxopneustidæ** : ***Tripneustes gratilla*** (L.) (Hertlein et Allison, 1960 *b*). ***Plusieurs autres espèces d'oursins récoltées en 1958 (5, dont 2 reconnues seulement d'après des fragments d'épines).**

OPHIUROIDEA : **Ophiactidæ** : ***Ophiactis savignyi*** (Müller et Troschel) (A. H. Clark, 1939). — **Ophiocomidæ** : ***Ophiocoma erinaceus*** Müller et Troschel (det. F. C. Ziesenhenne, déterminé comme ***O. scolopendrina*** (Lam.) par A. H. Clark, 1939); ***Ophiocomella clippertoni*** A. H. Clark (Hertlein et Emerson, 1957, det. Ailsa Clark).

***ENTEROPNEUSTA**

Spengelidæ : 1 espèce récoltée en 1958. — **Balanoglossidæ** : ***Ptychodera flava*** Eschscholtz (petite forme et forme géante) (récolté en 1958, récif, det. T. H. Bullock).

PISCES (1)

CHONDRICHTHYES : **Carcharhinidæ** : ***Carcharias platyrhynchus*** (Gilbert) (Snodgrass et Heller, 1905); ***5 espèces de requins récoltées en 1956, 1958.** — ***Sphyrnidæ** : 1 espèce de requin marteau observée. — ***Mobulidæ** : 1 espèce de Mante géante observée.

SYNGNATHIDA : ***Belonidæ** : 1 espèce d'orpie. — ***Exocoetidæ** : 1 espèce de poisson volant. — ***Hemiramphidæ** : 1 espèce.

ISOSPONDYLIDA : ***Myctophidæ** : 1 espèce de poisson lanterne ?

ANGUILLIDA : **Murænidæ** : ***Uropterygius necturus*** (Jordan et Gilbert) (Schmitt et Schultz, 1940); ***11 espèces de murènes.** — ***Ophichthyidæ** : 2 espèces.

BERYCOMORPHIDA : ***Holocentridæ** : 4 espèces.

HETEROSOMATA : ***Bothidæ** : 1 espèce de poisson plat.

SYNGNATHIDA : ***Syngnathidæ** : 1 espèce. — ***Fistularidæ** : 1 espèce. — ***Aulostomidæ** : 1 espèce de poisson trompette.

PERCOMORPHIDA : ***Kuhliidæ** : 1 espèce. — ***Apogonidæ** : 1 espèce. — **Serranidæ** : ***Epinephelus labriformis*** (Jenyns) (Snodgrass et Heller, 1905); ***5 espèces de serrans.** — ***Mullidæ** : 1 espèce de poisson chèvre. — ***Mugilidæ** : 1 espèce de mulot. — ***Carangidæ** : 12 espèces de carangues. — ***Coryphænidæ** : 1 espèce. — ***Acanthocybiidæ** : 1 espèce observée. — **Katsuwonidæ** : ***Gymnosarda pelamis*** (L.) (très abondant entre Clipperton et Cocos en juillet, Snodgrass et Heller, 1905); ***3 espèces de bonites.** — **Thunnidæ** : ***Thunnus thynnus*** (L.) (très abondant entre Clipperton et Cocos en juillet, Snodgrass et Heller, 1905); ***1 espèce de thon observée.** — ***Scombridæ** : 1 espèce. — ***Istiophoridæ** : 1 espèce

(1) Les poissons récoltés en 1956 et 1958 sont à l'étude dans les collections de l'Université de Californie, à Los Angeles, et feront l'objet d'un prochain mémoire.

observée. — **Lutjanidæ* : 1 espèce de snapper. — **Kyphosidæ* : 2 espèces. — **Chætodontidæ* : 3 espèces de poisson-papillon. — **Cirrhitidæ* : 2 espèces. — *Acanthuridæ* : *Acanthurus glaucopareius* Cuvier (Randall, 1956, cité comme *Hepatus aliala* Less. par Snodgrass et Heller, 1905); *A. triostegus* (L.) (Randall, 1956); *3 espèces. — **Zanclidæ* : 1 espèce de Zancle.

DISCOCEPHALI : *Echeneidæ* : *Echeneis remora* L. (sur un requin, Snodgrass et Heller, 1905); *1 espèce.

CHROMIDES : **Pomacentridæ* : 1 espèce.

PHARYNGOGNATHI : *Labridæ* : *Bodianus diplotænius* (Gill) (Snodgrass et Heller, 1905); *6 espèces de vieilles. — **Scaridæ* : 1 espèce de perroquet observée.

CATAPHRACTI : **Scorpenidæ* : 1 espèce.

JUGULARES : **Blenniidæ* : 2 espèces.

PEDICULATI : **Antennariidæ* : 2 espèces.

PLECTOGNATHI : **Monacanthidæ* : 1 espèce. — *Balistidæ* : *Balistes verres* (Gilbert et Starks) (Snodgrass et Heller, 1905); *Melichthys radula* (Sol.) (Schmitt et Schultz, 1940); *4 espèces de poissons-gâchettes. — **Diodontidæ* : 1 espèce de hérisson de mer. — *Ostraciontidæ* : *Ostracion lentiginosum* Bloch et Schneider (Snodgrass et Heller, 1905); *O. clippertonense* Snodgrass et Heller; *1 espèce. — **Canthigasteridæ* : 1 espèce. — *Tetraodontidæ* : *Tetraodon hispidus* L. (Schmitt et Schultz, 1940); *T. setosus* (Smith) (Snodgrass et Heller, 1905); *2 espèces de poisson-boule.

REPTILIA

TESTUDINATA : *Cheloniidæ* : Tortues de mer abondantes dans l'océan dans la région de Clipperton.

SERPENTES : *Hydrophiidæ* : *Pelamis platurus* L. ? (1).

MAMMALIA

CETACEA : *Delphinidæ* : Dauphins nombreux autour de l'île et en haute mer.

FLORE MARINE

THALLOPHYTA

ALGÆ (Taylor, 1939; Dawson, 1957, 1959).

CHLOROPHYCEÆ : *Ulvaceæ* : *Enteromorpha clathrata* (Roth) J. Ag. emend. Bliding (récif); *Ulva lobata* (Kütz.) Setch. et Gard. (récif et bord du récif). — *Cladophoraceæ* : *Chaetomorpha antennina* (Bory) Kütz. (bord du récif); *Cladophora perpusilla* Levring (sur *Chnoospora*, débris sur la plage); *C. socialis* Kütz ? (par 24 m de profondeur); *Cladophora* sp. (bord du récif, sur *Hypnea*). — *Caulerpaceæ* : *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh, *forma* (rochers sur le récif). — *Codiaceæ* : *Codium geppii* O. C. Schmidt, complexe (débris sur la plage). — *Derbesiaceæ* : *Derbesia attenuata* Daws. (par 24 m de profondeur).

PHAEOPHYCEÆ : *Ectocarpaceæ* : *Ectocarpus irregularis* Kütz. ? (sur *Chnoospora*, débris sur la plage); *E. indicus* Sonder (par 14 et 24 m de profondeur). — *Enceliaceæ* : *Colpomenia sinuosa* (Roth) Derbes et Solier (récif). — *Sphacelariaceæ* : *Sphacelaria furcigera* Kütz. (par 24 m de profondeur); *Sphacelaria* sp. (par 24 m de profondeur). — *Dictyotaceæ* : *Dictyopteris delicatula* Lamouroux (sur la base de *Zonaria variegata*, rochers sur le récif); *D. repens* (Okam.) Borg. (bord du récif et jusqu'à 14 m); *Pocockiella variegata* (Lamouroux) Papenfuss (bord du récif et jusqu'à 24 m). — *Chnoosporaceæ* : *Chnoospora implexa* Hering, ex. J. Ag. (par 9 à 24 m de profondeur).

(1) Dans son journal inédit de 1897, ARUNDEL indique que des serpents de mer s'échouent parfois sur les plages de Clipperton. Comme le serpent de mer à ventre jaune est commun dans le Pacifique oriental, de la Californie à l'Equateur, et dans la baie de Panama, et est souvent abandonné en grands nombres sur les plages par les vagues de tempêtes, il est possible que ce soit cette espèce qui ait été observée par les compagnons d'ARUNDEL.

MYXOPHYCEÆ (récif ou surface du beach rock) : *Chamæsisphonaceæ* : *Entophysalis conferta* (Kütz.) Drouet et Daly; *E. deusta* (Menegh.) Dr. et Daily. — *Ribulariaceæ* : *Calothrix crustacea* Thur. — *Nostocaceæ* : *Hormothamnion enteromorphoides* Grun. — *Oscillatoriaceæ* : *Hydrocoleum comoides* (Harv.) Gom.; *H. glutinosum* (Ag.) Gom.; *H. lyngbyaceum* Kütz.; *Lyngbya confervoides* Ag. (par 24 m de profondeur); *L. infixa* Frémy; *L. guaymensis* Drouet; *L. rivulariarum* Gom.; *Oscillatoria subuliformis* Kütz. seq. Gomont; *Phormidium fragile* (Reinke) Gom.; *Spirulina subsalsa* Ærst.; *S. tenerrima* Kütz.

RHODOPHYCEÆ : *Bangiaceæ* : *Erythrotrichia carnea* (Dillw.) J. Ag. (par 24 m de profondeur). — *Chantransiaceæ* : *Acrochætium subseriatum* Børg. (sur *Cladophora*, par 24 m de profondeur). — *Corallinaceæ* : *Fosliella paschalis* (Lemoine) Setch. et Gard. (sur *Chnoospora*, par 24 m de profondeur); *Heteroderma minutula* Foslie (sur *Cladophora*, bord du récif); *Porolithon oncodes* (Heydr.) Foslie (bord du récif, et par 38 m de profondeur); *P. marshallense* Taylor ? (spécimens usés, plage); *Jania capillacea* Harvey (sur *Zonaria* sur le récif, et par 9 m de profondeur); *J. tenella* Kütz. (rebord du récif); *J. longiarthra* Daws. (débris sur la plage). — *Hypneaceæ* : *Hypnea spinella* (Ag.) Kütz. (rebord du récif et jusqu'à 24 m de profondeur). — *Ceramiceæ* : *Ceramium* sp. near *C. mazatlanense* Daws. (débris sur la plage); *Ceramium serpens* Setch. et Gard. ? (récif). — *Rhodomelaceæ* : *Herposiphonia secunda* (Ag.) Ambron (débris sur la plage); *Polysiphonia ferulacea* Suhr. (récif, sur *Jania*); *P. mollis* Harv. (débris sur la plage); *P. subtilissima* Mont. (sur *Hypnea*, par 14 m de profondeur).

FAUNE TERRESTRE ET LAGUNAIRE

ANNELIDA

**OLIGOCHÆTA* (det. Dr. G. E. Gates, cf. p. 87) : *Megascolecidae* : *Dichogaster bolau* (Michælsen); *Pontodrilus bermudensis* Bedd. ? (spécimens en mauvais état).

MOLLUSCA

GASTROPODA (Bartsch et Rehder, 1939; Hertlein et Emerson, 1953) : *Neritidae* : *Nerita plicata* L. (limite extrême des hautes mers). — *Littorinidae* : *Littorina schmitti* Bartsch et Rehder (juste au-dessus du niveau à *Nerita*). — *Subulinidae* : *Opeas oparanum* Pfeiff. (abondant sur le sol). — **Succineidae* : *Succinea* sp. (abondant sur le sol en 1958, det. E. C. Allison).

CRUSTACEA

OSTRACODA : *3 espèces trouvées dans le lagon en 1958.

TANAIDACEA : *Tanaidae* : *Tanais stanfordi* H. Richardson (lagon, Richardson, 1901, pas retrouvé en 1958).

ISOPODA : **Cirolanidae* : *Cirolana* sp. (lagon, det. Thomas E. Bowman). — *Ligiidae* : *Ligia exotica* (Roux) (plage humide, Richardson, 1901). *Plusieurs espèces d'isopodes terrestres récoltées en 1958.

AMPHIPODA : *Talitridae* : *Orchestia marquesana* Stephenson (vieux nid d'oiseau, Shæmaker, 1942).

DECAPODA : *Grapsidae* : *Geograpsus lividus* (M.-E.) (lagon, Rathbun, 1902); *Pachygrapsus minutus* (M.-E.) (rivage, Schmitt, 1939); *Gecarcinidae* : *Gecarcinus planatus* Stimpson (crabe terrestre, Schmitt, 1939); *Gecarcoidea lalandei* (M.-E.) (dans du guano reçu de Clipperton, Lenz, 1901). — *Palæmonidae* : *Palæmon (Palæmon) gladiator* Holthuis (lagon, Rathbun, 1902; Holthuis, 1952; pas retrouvé en 1958).

ARACHNIDA

**ARANEIDA* : *Araneinae*. — *Tetragnathinae*. — *Pholcidae* : 1 espèce. — *Salticidae* (*Attidae*).

ACARINA (vieux nid de fou, Wharton, 1941). — *Ascaidae* : *Asca quinquesetosa* Wharton. — *Laelaptidae* : *Atricholaelaps clippertonensis* Wharton; *Eulaelaps roosevelti* Wharton; **Cosmolaelaps* sp. — *1 espèce nouvelle de Parasitoidea. — *Uropodidae* : *Uropoda* sp.; **Fuscuropoda* sp. — *Analgesidae*. — **Proctophyllodidae* : 3 espèces dont 1 nouvelle. — *Oribatulidae* : *Scheloribates fimbriatus calcaratus* Jacot; *Scheloribates indica* Oudemans.

CHILOPODA (Chamberlin, 1914, 1924).

GEOPHILOMORPHIA : *Mecistocephalidæ* : ***Mecistocephalus parvus*** Chamberlin.

SCOLOPENDROMORPHA : *Cryptopidæ* : ***Cryptops navigans*** Chamberlin. — **Scolopendridæ*.

INSECTA

THYSANURA : *Machilidæ* : ***Machilis mutica*** Banks (Banks, 1901, pas retrouvé en 1958).

*COLLEMBOLA : *Entomobryidæ* : 2 espèces. — *Sminthuridæ* : 1 espèce.

ODONATA : *Cænagrionidæ* (Snodgrass et Heller, 1902 : « Agrionid »).

*BLATTARIA : *Blattidæ* : 2 espèces (des blattes signalées par Arundel dans son journal inédit de 1897).

*ORTHOPTERA : *Tettigoniidæ*. — *Conocephalinæ* : 1 espèce.

DERMAPTERA : *Forficulidæ* : ***Anisolabis annulipes*** Lucas (McNeill, 1901).

*HEMIPTERA : *Areopodidæ* : 2 espèces. — *Pentatomidæ* : 1 espèce. — *Lygæidæ* : 1 espèce. — *Nabidæ* : 1 espèce. — *Gerridæ* : 1 espèce.

*CORRODENTIA : *Perientomidæ* : 1 espèce. — *Procidæ* : 1 espèce.

MALLOPHAGA (sur les oiseaux de mer, Thompson, 1938-1939) : *Menoponidæ* : ***Actornithophilus milleri*** (Kellogg et Kuwana); ***Colpocephalum angulaticeps*** Piaget; ***Menopon incertum*** Kellogg; ***M. singularis*** Kellogg et Kuwana. — *Philopteridæ* : ***Anataæcus dentatus*** (Scopoli); ***Columbicola columbæ*** (L.); ***Degeeriella birostris*** (Giebel); ***D. gloriosa*** (Kellogg et Kuwana) (Ferris, 1932); ***D. lepida*** (Kellogg et Kuwana); ***D. obtusa*** (Kellogg et Kuwana); ***D. separata*** (Kellogg et Kuwana); ***D. vulgata*** (Kellogg); ***Pectinopygus gracilicornis*** (Piaget); ***P. sulæ*** (Rudow); ***Sædmundssonina peristictus*** (Kellogg et Kuwana); ***S. melanocephala*** (Nitzsch).

*LEPIDOPTERA : *Sphingidæ* : 3 espèces. — *Noctuidæ* : 7 espèces. — *Pyrallidæ* : 2 espèces.

DIPTERA (plusieurs espèces de Diptères, Snodgrass et Heller, 1902) : **Sciaridæ* : 1 espèce. — **Dolichopodidæ* : 1 espèce. — **Phoridæ* : 1 espèce. — **Drosophilidæ* : 1 espèce. — **Tethinidæ* : 1 espèce. — **Milichiidæ* : 2 espèces. — **Chloropidæ* : 1 espèce. — **Ephydridæ* : 2 espèces. — **Sphæroceridæ* : 1 espèce. — **Muscidæ* : 1 espèce. — **Sarcophagidæ* : 1 espèce. — **Hippoboscidæ* : 1 espèce.

COLEOPTERA : *Cicindelidæ* : ***Cicindela bifasciata*** (probablement lapsus pour ***trifasciata*** Fabr.) (Van Dyke, 1953). — **Staphylinidæ* : 1 espèce. — **Coccinellidæ* : 1 espèce. — **Tenebrionidæ* : 1 espèce.

*HYMENOPTERA : *Formicidæ* : 4 espèces.

PISCES

Acanthuridæ* : 1 espèce. — **Pomacentridæ* : 1 espèce. — *Gobiidæ* : *Bathygobius arundelii*** (Garman) (lagon, Ginsburg, 1947).

REPTILIA

Cheloniidæ : ***Chelonia mydas*** (L.) (tortue verte, Morrell, 1832, pas mentionnée sur l'île depuis). — **Gekkonidæ* : ***Gehyra mutilata*** (Wiegmann) (det. W. C. Brown). — *Scincidæ* : ***Emoia cyanura arundeli*** (Garman) (W. C. Brown, 1954).

AVES

PROCELLARIIFORMES : *Procellariidæ* : ***Pterodroma*** spp. (Pétrels, plusieurs espèces notées en mer, près de Clipperton, Loomis, 1918; ***Puffinus auricularis*** Townsend (Puffin de Townsend, Am. Ornith. Union, 1957).

PELECANIFORMES : *Phætonidæ* : ***Phæton*** spp. (1 Paille en queue observé en 1958; plusieurs espèces notées près de Clipperton en mer, par Gifford, 1913). — *Sulidæ* : ***Sula dactylatra californica*** Rothschild (Fou à masque, fou à face bleue, Am. Ornith. Union, 1957); ***Sula leucogaster nesioti***

Heller et Snodgrass (Fou brun, Wetmore, 1939); *Sula variegata* Tschudi (Fou du Pérou, Beck, 1907). — *Fregatidæ*: *Fregata minor* Gmelin (Grande frégate, Snodgrass et Heller, 1902, cité comme *F. aquila*).

CICONIIFORMES : *Threskiornithidæ*: *Plegadis* ? (un ibis noir vu par Beck, 1907).

ANSERIFORMES : *Anatidæ* (Beck, 1907, Am. Ornith. Union, 1957): *Anas acuta* L. (Canard pilet); *Anas discors discors* L. (Sarcelle à ailes bleues); *Aythya valisineria* (Wilson) (Fuligule); *Mareca americana* (Gmelin) (Canard siffleur); *Spatula clypeata* (L.) (Canard souchet).

GRUIFORMES : *Rallidæ*: *Fulica americana americana* Gmelin (Foulque, Beck, 1907).

CHARADRIIFORMES : *Charadriidæ*: *Squatarola squatarola* (L.) (Pluvier argenté; Beck, 1907; Am. Ornith. Union, 1957). — *Scolopacidæ*: *Heteroscelus incanus* (Gmelin) (Bécasseau, Gifford, 1913); *Numenius phaeopus hudsonicus* Latham. (Courlis, Beck, 1907). — *Laridæ* (Wetmore, 1939): *Anous stolidus ridgwayi* Anthony (Noddi commun); *Anous minutus diamesus* (Heller et Snodgrass) (Noddi à tête blanche); *Gygis alba candida* (Gmelin) (Sterne blanche); *Sterna fuscata crissalis* (Lawrence) (Sterne fuligineuse).

PASSERIFORMES : *Hirundinidæ*: *Hirundo rustica erythrogaster* Boddaert (Hirondelle de cheminée, Snodgrass et Heller, 1902) (1).

* Un certain nombre d'espèces d'oiseaux de terre, de rivage et de mer (16 en tout d'après STAGER, 1959), non encore signalées à Clipperton, furent observées en 1958.

MAMMALIA

PINNIPEDIA : *Otariidæ*: *Arctocephalus* sp. (otarie à fourrure, Morrell, 1832, pas mentionnée depuis sur l'île). — *Phocidæ*: *Mirounga* sp. (Eléphant de mer, Morrell, 1832, pas mentionné depuis sur l'île).

ARTIODACTYLA : *Suidæ*: *Sus scrofa* L. (cochon, introduit vers 1897, éliminé en 1958).

*RODENTIA : *Muridæ*: *Mus* sp. (1 souris vue dans les ruines de la station météorologique en 1958).

FLORE TERRESTRE ET LAGUNAIRE

THALLOPHYTA

Fungi (Champignons) (Sachet, 1962).

MYXOMYCETES : *Dictydiathalium plumbeum* (Schw.) Rost.

PHYCOMYCETES : *Cunninghamellaceæ*: *Cunninghamella echinulata* (Matruchot) Thaxter; *C. elegans* Lendner. — *Mucoraceæ*: *Absidia scabra* Cocc.; *Rhizopus arrhizus* Fischer. — *Piptocephalidaceæ*: *Syncephalastrum racemosum* (Cohn) Schroet.

ASCOMYCETES : *Eurotiaceæ*: *Eurotium chevalieri* Mangin; *Sartorya fumigata* Vuill.

BASIDIOMYCETES : *Telephoraceæ*: *Corticium lactescens* Berk. — *Agaricaceæ*: Quelques spécimens non déterminés.

FUNGI IMPERFECTI : *Dematiaceæ*: *Haplographium* sp. ? — *Moniliaceæ*: *Aspergillus flavus* Link; *A.* du groupe *flavus-oryzæ*; *A. fumigatus* Fres.; *A. micro-virido-citrinus* Cost. et Lucet; *A.* série *niger*; *A. phænicis* (Cda.) Thom; *A. sydowi* (Bain et Sart.) Thom et Church; *A. sydowi* ou *versicolor* (forme intermédiaire); *A. terreus* Thom; *A. terreus*, variété nouvelle ?; *A. versicolor* (Vuill.) Tiraboschi; *A. violaceo-fuscus* Gasp.; *Geotrichum* sp.; *Hyalopus* sp.; *Pæcilomyces* sp.; *Penicillium chrysogenum* Thom; *P. citrinum* Thom; *P. commune* Thom; *P. cyclopium* Westl.; *P. funiculosum* Thom; *P.* série *funiculosum*; *P. lanosum* Westl.; *P. meleagrinum* Biourge; *P. oxalicum* Currie et Thom; *Penicillium* (cf. *P. piscarium* Westl.); *Penicillium* sp.; *Trichoderma viride* Pers. ex Fr. — *Tuberulariaceæ*: *Fusarium* sp.

Lichenes

Un *Pyréno*lichen. — *Buellia* sp.: *Rinodina* sp. — *Physcia* sp.: *Pyxine* sp.

(1) Des oiseaux de terre sont mentionnés par MORRELL (1832) et TAYLOR (1948).

Algæ (Taylor, 1939; Dawson, 1959; Sachet, 1962).

MYXOPHYCEÆ : *Chroococcaceæ* : *Anacystis æruginosa* (Zanard.) Dr. et Daily; *A. montana* (Light f.) Dr. et Daily; *Chroococcus turgidus* (Kützing) Nägeli; *Gomphosphæria aponina* Kützing; *Mycrocystis flos-aquæ* (Wittrock) Kirchner. — *Chamæsisiphonaceæ* : *Entophysalis deusta* (Menegh.) Dr. et Daily; *E. granulosa* Kützing. — *Stigonemataceæ* : *Mastigocoleus testarum* Lagerh. — *Nostocaceæ* : *Nostoc* sp. — *Scytonemataceæ* : *Scytonema hofmannii* Ag. — *Rivulariaceæ* : *Amphithrix violacea* (Kütz.) Born; *Calothrix crustacea* Thur.; *C. parietina* (Naeg.) Thuret; *C. stellaris* Bornet et Flahaut. — *Oscillatoriaceæ* : *Lyngbya æstuarii* (Mertens) Liebmann; *L. semiplena* (Ag.) J. Ag.; *L. confervoides* Ag.; *L. guaymasensis* Drouet; *L. lagerheimii* (Möbius) Grunow; *L. versicolor* (Wartmann) Gomont; *Microcoleus chthonoplastes* (Fl. Dan.) Thur.; *Plectonema nostocorum* Born.; *P. terebrans* Born. et Flah.; *Schizothrix heufleri* Grun.

CHLOROPHYCEÆ : *Desmidiaceæ* : *Closterium parvulum* Nägeli; *C. parvulum* Nägeli forma; *C. parvulum* cf. var. *majus* West; *Cosmarium clippertonensis* Taylor; *C. subprotumidum* Nordstedt, forma. — *Oöcystaceæ* : *Oöcystis solitaria* Wittrock, s'approchant de forma *major* Wille. — *Ædogoniaceæ* : *Ædogonium* spp. — *Spherellaceæ* : *Protococcus grevillei* (Ag.) Crouan. — *Characeæ* : *Chara* sp.

PYRROPHYCEÆ : *Peridiniaceæ* : *Glenodinium cristatum* Balech (1961).

BRYOPHYTA (Sachet, 1962).

MUSCI : *Bryaceæ* : *Bryum* sp.; *B. argenteum* Hedw. var. *lanatum* (Palisot de Beauv.) BSG. — *Leucobryaceæ* : *Octoblepharum albidum* Hedw.

SPERMATOPHYTA (Sachet, 1962).

ANGIOSPERMÆ : *Potamogetonaceæ* : *Potamogeton pectinatus* L.; *Ruppia maritima* L.; *Zostera marina* var. *latifolia* Morong ? — *Najadaceæ* : *Najas marina* L. var. *latifolia* A. Br. — *Gramineæ* : *Cenchrus echinatus* L. (forme glabre); *Dactyloctenium ægyptium* (L.) Willd.; *Eragrostis amabilis* (L.) W. et A.; *E. ciliaris* (L.) R. Br. — *Cyperaceæ* : *Eleocharis geniculata* (L.) R. et S.; *E. mutata* (L.) R. et S.; *Hemicarpha micrantha* (Vahl) Pax; *Scirpus rubiginosus* Beetle. — *Palmæ* : *Cocos nucifera* L. — *Portulacaceæ* : *Portulaca oleracea* L. — *Crucifereæ* : *Brassica juncea* L. — *Leguminosæ* : *Cæsalpinia* sp.; *Canavalia* sp.; *Mucuna sloanei* Fawc. et Rendl.?; *Phaseolus adenanthus* Mey.? — *Euphorbiaceæ* : *Phyllanthus amarus* Sch. et Thonn. — *Sapindaceæ* : *Sapindus saponaria* L. ? — *Malvaceæ* : *Sida rhombifolia* L. — *Tiliaceæ* : *Corchorus æstuans* L. — *Sterculiaceæ* : *Waltheria indica* L. — *Convolvulaceæ* : *Ipomœa pes-capræ* subsp. *brasiliensis* (L.) v. Ooststrom; *I. triloba* L. — *Solanaceæ* : *Nicotiana glauca* Graham; *Solanum nigrum* L. var. *americanum* (Mill.) O. E. Sch. — *Boraginaceæ* : *Heliotropium curassavicum* L. — *Compositæ* : *Conyza bonariensis* (L.) Cronq.; *Eclipta alba* (L.) Hassk.

GRAINES TRANSPORTÉES PAR LA MER

ANGIOSPERMÆ : *Palmæ* : *Astrocaryum* sp.; plusieurs endocarpes provenant de palmiers de la sous-famille *Cocoidæ*, non déterminés. — *Leguminosæ* : *Cæsalpinia bonduc* (L.) Roxb.; *C. major* (Medic) Dandy et Exell; *Canavalia rosea* (Sw.) DC.; *Dioclea megacarpa* Rolfe ?; *D. reflexa* Hook. ?; *Entada gigas* (L.) Fawc. et Rendl.; *Mucuna mutisiana* (HBK) DC. ?; *M. sloanei* Fawc. et Rendl.; *M. urens* (L.) DC. ?; *Strongylodon lucidus* (Forst. f.) Seem. ? — *Sapindaceæ* : *Sapindus saponaria* L. — *Convolvulaceæ* : *Merremia tuberosa* (L.) Rendl.

BIBLIOGRAPHIE

- AGASSIZ (A.). — A reconnaissance of the Bahamas and of the elevated reefs of Cuba in the Steam Yacht « Wild Duck », January to April, 1893. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard*, 26, 1894, pp. 1-203.
- Reports on the scientific results of the expedition... by the U. S. Fish Commission steamer « Albatross »... October 1904, to March 1905... 5. General report of the expedition. *Mem. Mus. Comp. Zool. Harvard*, 33, 1906, pp. 1-75.
- ALLEN (G. M.). — *Extinct and vanishing mammals of the Western Hemisphere*, pp. 1-620. Lancaster, Pa., 1942.

- ALLISON (E. C.). — Invertebrates, in : Field report. IGY Clipperton Island Expedition. August-September 1958. *Univ. Calif., Scripps Inst. Oceanography Progress Report*. SIO Ref. 59-13 : 3-4, 1959.
- Distribution of *Conus* on Clipperton Island. *The Veliger*, 1, 4, avril 1959, pp. 32-33.
- AMERICAN ORNITHOLOGISTS' UNION. — *Check-list of North American birds*. Fifth Edition, pp. 1-691. Baltimore, Md., 1957.
- ANONYME. — Clipperton's two Crusoes home again. *Morning Call*, San Francisco, 74, 153, col. 3, 31 oct. 1893, p. 8.
- « Old Glory » waves on Clipperton. *San Francisco Examiner*, 45, 55, 24 août 1897, p. 1. Observations de Hennig.
- The return of the Navarro from Clipperton, and ensuing claims of guano companies. *San Francisco Chronicle*, 66, 30, 14 août, p. 4; 66, 35, 19 août, p. 12; 66, 36, 20 août, p. 4; 66, 115, 7 nov. 1897, p. 15. *Id.* : 67, 14, 29 janv. 1898, p. 2.
- Strange experiences of the lone man who is defending Clipperton Island. *San Francisco Call*, 13 fév. 1898.
- ARNOW (T.). — The hydrology of the Northern Marshall Islands. *Atoll Res. Bull.*, 30, 1954, pp. 1-7.
- ARRHENIUS (G.). — Sediment cores from the East Pacific. Parts 1-4. *Repts. Swedish Deep-Sea Exped.*, 5, pp. 1-227, Appendix to part 2, pp. 1-4, plates 2.6.1, 2.6.2, 1952.
- ARTHUR (R. S.). — The effect of islands on surface waves. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.*, 6, 1, 1951, pp. 1-26.
- ARUNDEL (J. T.). — Voir *Anon.*, 1897-1898.
- BALECH (E.). — *Glenodinium cristatum*, sp. nov. (Dinoflagellata). *Neotropica*, 7, 23, 1961, pp. 47-51.
- BANKS (N.). — Papers from the Hopkins Stanford Galapagos Expedition, 1898-1899. V. Entomological results (5) : Thysanura and Termitidæ. *Proc. Wash. Acad. Sci.*, 3, 1901, pp. 541-546.
- BANNER (A. H.). — The Crangonidæ, or Snapping Shrimp, of Hawaii. *Pac. Sci.*, 7, 1953, pp. 3-144.
- BARTSCH (P.) et REHDER (H. A.). — Mollusks collected on the Presidential cruise of 1938. *Smiths. Misc. Coll.*, 98, 10, 1939, pp. 1-18.
- BATES (Marston) et ABBOTT (D. P.). — *Coral island. Portrait of an atoll*, pp. 1-254. New York, Charles Scribner's Sons, 1958.
- BAULIG (H.). — *Vocabulaire franco-anglo-allemand de géomorphologie*, pp. 1-230, Paris, 1956. (Pub. Fac. Lettres Univ. Strasbourg, fasc. 130.)
- BECK (R. H.). — Notes from Clipperton and Cocos Islands. *Condor*, 9, 1907, pp. 109-110.
- BEEBE (W.). — *The Arcturus adventure*. pp. i-xix, 1-439, New York, G. P. Putman's Sons, 1926.
- BELCHER (E.). — *Narrative of a voyage round the world, performed in Her Majesty's ship « Sulphur » during the years 1836-1842*, 1, pp. 1-387; 2, pp. 1-474, London, 1843.
- BETAGH (W.). — *A voyage round the world*. pp. 1-342 + 3. London, 1728.
- BLUMENSTOCK (D. I.), editor. — A report on typhoon effects upon Jaluit Atoll. *Atoll Res. Bull.*, 75, 1961, pp. 1-105.
- BLUMENSTOCK (D. I.), FOSBERG (F. R.) et JOHNSON (C. G.). — The resurvey of typhoon effects on Jaluit Atoll in the Marshall Islands. *Nature*, 189, 1961, pp. 618-620.
- BOULE (M.). — Description géologique du Velay. *Bull. Carte Géol. France*, 4, 1892, pp. 1-259.
- BOURGAU (A.). — Journal touristique : Clipperton. *Revue Maritime*, n. s., 93, 1954, pp. 66-73.
- BROWN (W. C.). — Notes on several lizards of the genus *Emoia* with descriptions of new species from the Solomon Islands. *Fieldiana Zool.*, 34, 25, 1954, pp. 263-276.
- BRUNEAU (L.), JERLOV (N. G.) et KOCZY (F. F.). — Physical and chemical methods. *Repts. Swedish Deep-Sea Exped.*, 3, 4, pp. 99-112; Appendix : 1-LV, 1953.
- BURNEY (J.). — *A chronological history of the voyages and discoveries in the South Sea*, vol. 4, 439, London, 1816, pp. 447-448.
- BYERS Jr. (F. M.). — Geology of Umnak and Bogoslof Islands, Aleutian Islands, Alaska. *Geol. Surv. Bull.*, 1028-L, 1960, pp. i-viii, 267-369.
- BYRD (R. E.). — *Investigation by special mission of certain Pacific Islands*. Books 1, 2, 4, 5 (Washington, D. C.), 1943.

- CARR (A. F.). — *Handbook of turtles*. The turtles of the United States, Canada and Baja California. pp. 1-542. Ithaca, N. Y., 1952.
- CHAMBERLIN (R. V.). — Notes on Chilopoda from the Galapagos Islands. *Ent. News*, 24, 1913, pp. 121-123.
- A new diplopod from the Galapagos Islands with notes on the chilopods. *Psyche*, 21, 1914, pp. 85-89.
- Chilopods of the Williams Galapagos Expedition. *Zoologica*, 5, 1924, pp. 137-141.
- CLARK (A. H.). — Echinoderms (other than holothurians) collected on the Presidential cruise of 1938. *Smiths. Misc. Coll.*, 98, 11, 1939, pp. 1-18.
- CLARK (H. L.). — Papers from the Hopkins Stanford Galapagos Expedition, 1898-1899. XII. Echinodermata. *Proc. Wash. Acad. Sci.*, 4, 1902, pp. 521-531.
- CLOUD Jr. (P. E.). — Preliminary report on geology and marine environments of Onotoa Atoll, Gilbert Islands. *Atoll Res. Bull.*, 12, 1952, pp. 1-73.
- COHIC (F.). — Report on a visit to the Chesterfield Islands, September 1957. *Atoll Res. Bull.*, 63, 1959, pp. 1-11.
- COTTON (C. A.). — *Volcanoes as landscape forms*. pp. 1-416, New-York, 1952.
- COX (D. C.). — The hydrology of Arno Atoll, Marshall Islands. *Atoll Res. Bull.*, 8, 1951, pp. 1-29.
- CUSHMAN (J. A.) et McCULLOCH (I.). — Some Virguliniinae in the collections of the Allan Hancock Foundation. *Hancock Pac. Exped.*, 6, 4, 1942, pp. 179-230.
- The species of *Bulimina* and related genera in the collections of the Allan Hancock Foundation. *Hancock Pac. Exped.*, 6, 5, 1948, pp. 231-294.
- DAKIN (W. J.). — The Percy Sladen Trust Expeditions to the Abrolhos Islands (Indian Ocean). *Journ. Linn. Soc. Zool.*, 34, 1919, pp. 127-180.
- DAWSON (E. Y.). — Notes on Eastern Pacific insular marine algae. *Contr. Sci. Los Angeles County Mus.*, 8, 1957, pp. 1-8.
- Some algae from Clipperton Island and the Danger Islands. *Pacific Nat.*, 1, 7, 1959, pp. 1-8.
- DEUTSCHE SEEWARTE. — *Segelhandbuch für den Stillen Ozean*, pp. 1-916. Hamburg, 1897.
- DIBEN (L.). — « Jeanne-d'Arc » 1934-1935. *Revue Maritime* n. s., 191, 1935, pp. 596-623.
- DOTY (M. S.). — An enumeration of the hypothetical roles of algae in coral atolls. *Proc. 8th Pac. Sci. Congr.* (1953), III A, 1957, pp. 923-928.
- DURHAM (J. W.) et BARNARD (J. L.). — Stony corals of the eastern Pacific collected by the Velero III and Velero IV. *Hancock Pac. Exped.*, 16, 1, 1952, pp. 1-110.
- EKMAN (S.). — *Zoogeography of the sea*, pp. 1-417. London, 1953.
- ELSCHNER (C.). — *Corallogene Phosphat-Inseln Austral-Oceaniens*, pp. 1-120, Lübeck, 1913.
- EMERY (K. O.). — Transportation of rocks by driftwood. *Journ. Sedim. Petrol.*, 25, 1955, pp. 51-57.
- EMERY (K. O.), TRACEY Jr. (J. I.) et LADD (H. S.). — Geology of Bikini and nearby atolls. *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, 260-A, 1954, pp. 1-264.
- FAIRBRIDGE (R. W.). — Notes on the geomorphology of the Pelsart Group of the Houtman's Abrolhos Islands. *Journ. R. Soc. West. Australia*, 33, 1948, pp. 1-43.
- Dating the latest movements of the Quaternary sea level. *Trans. N. Y. Acad. Sci.*, 11, 20, 1958, pp. 471-482.
- FERRIS (G. F.). — New species and other records of Mallophaga from the Marquesas. *Bishop Mus. Bull.*, 98, 1932, pp. 53-72.
- FOSBERG (F. R.). — Northern Marshall Islands Expedition, 1951-1952. Narrative. *Atoll Res. Bull.*, 38, 1955, pp. 1-36.
- The naturalized flora of Micronesia and World War II. *Proc. 8th Pac. Sci. Congr.* (1953), 4, 1957, pp. 229-234.
- FOSBERG (F. R.) et MacNEIL (F. S.). — *Geology in*, U. S. Army, Office of the Engineer, *Military Geography of the Northern Marshalls*, 1956, pp. i-xi, 1-320.
- FRANCE. — *Mémoire défensif présenté par le gouvernement de la République Française dans le litige relatif à la souveraineté de l'île Clipperton, soumis à la décision arbitrale de Sa Majesté Victor-Emmanuel III, roi d'Italie, en exécution de la convention entre la France et le Mexique du 2 mars 1909*, pp. 1-503. Paris, 1912.
- FRANCE (Office National Météorologique). — *Lexique Météorologique*, 7 fascicules. Paris, 1926-1931.

- FRANCE (Service Hydrographique de la Marine). — Instructions nautiques, n° 346. Série J (III). *Amérique du Nord, côte ouest*, vol. I. Golfe de Panama au détroit Juan de Fuca, pp. 1-364. Paris, 1956.
- FRASER (C. McL.). — Hydroids of the 1934 Allan Hancock Pacific Expedition. *Hancock Pac. Exped.*, 4, 1, 1938, pp. 1-105.
- General account of the scientific work of the Velero III in the eastern Pacific, 1931-1941. Part. II. Geographical and biological associations. *Hancock Pac. Exped.*, 1, 2, 1943, pp. 49-258.
- GARMAN (S.). — Concerning a species of lizard from Clipperton Island. *Proc. New England Zool. Club.*, 1, 1899 a, pp. 59-62.
- A species of goby from the shores of Clipperton Island. *Proc. New England Zool. Club.*, 1, 1899 b, pp. 63-64.
- GAUTHIER (L.). — Levé hydrographique de l'île Clipperton. *Ann. Hydrogr.* (France), III, 20, 1949, pp. 5-12.
- GIFFORD (E. W.). — The birds of the Galapagos Islands with observations on the birds of Cocos and Clipperton Islands (Columbiformes to Pelecaniformes). *Proc. Calif. Acad. Sci.*, IV, 2, 1, 1913, pp. 1-132.
- GINSBURG (I.). — American species and subspecies of *Bathygobius*, with a demonstration of a suggested modified system of nomenclature. *Proc. Washington Acad. Sci.*, 37, 1947, pp. 275-284.
- GOUA (A.). — Clipperton terre française. *Revue Maritime*, n. s., 70, 1952, pp. 226-234.
- GUILCHER (A.). — *Morphologie littorale et sous-marine*, pp. 1-216. Paris, 1954.
- Etude géomorphologique des récifs coralliens du Nord-Ouest de Madagascar. *Ann. Inst. Océanogr.*, 33, 1956, pp. 65-136.
- GUPPY (H. B.). — *Observations of a naturalist in the Pacific between 1896 and 1899*. II. Plant dispersal. pp. 1-627. London, 1906.
- HAIG (Janet). — The Porcellanidae (Crustacea Anomura) of the Eastern Pacific. *Allan Hancock Pac. Exped.*, 24, 1960, pp. 1-440.
- HAMILTON (E. L.). — Sunken islands of the Mid-Pacific mountains. *Geol. Soc. Amer. Mem.*, 64, 1956, pp. 1-97.
- HARTMAN (O.). — The polychaetous annelids collected on the Presidential cruise of 1938. *Smiths. Misc. Coll.*, 98, 13, 1939, pp. 1-22.
- HATHEWAY (W. H.). — The natural vegetation of Canton Island, an equatorial Pacific atoll. *Atoll Res. Bull.*, 43, 1955, pp. 1-9.
- HELLER (E.). — Papers from the Hopkins Stanford Galapagos Expedition, 1898-1899. XIV. Reptiles. *Proc. Wash. Acad. Sci.*, 5, 1903, pp. 39-98.
- HENNIG (P. J.). — Voir ANON., 1897.
- HERTLEIN (L. G.) et ALLISON (E. C.). — Species of the genus *Cypraea* from Clipperton Island. *Veliger*, 2, 4, 1960 a, pp. 94-95.
- Gastropods from Clipperton Island. *Veliger*, 3, 1, 1960 b, pp. 13-16.
- HERTLEIN (L. G.) et EMERSON (W. K.). — Mollusks from Clipperton Island (eastern Pacific) with the description of a new species of gastropod. *Trans. San Diego Soc. Nat. Hist.*, 11, 1953, pp. 345-364.
- Additional notes on the Invertebrate fauna of Clipperton Island. *Am. Mus. Novitates*, 1859, 1957, pp. 1-9.
- HIATT (R. W.) et STRASBURG (D. W.). — Ecological relationships of the fish fauna on coral reefs of the Marshall Islands. *Ecol. Monogr.*, 30, 1960, pp. 65-127.
- HOLTHUIS (L. B.). — A general revision of the Palaemonidae (Crustacea Decapoda Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemoninae. *Allan Hancock Found. Pub. Occ. Pap.*, 12, 1952, pp. 1-396.
- HUBBS (C. L.). — Back from oblivion. Guadalupe fur seal : still a living species. *Pac. Sci.*, 9, 6, 1956, pp. 14-21.
- HURD (W. E.). — Tropical cyclones of the eastern North Pacific Ocean. *Monthly Weather Rev.*, 57, 2, 1929, pp. 43-49.
- Tropical cyclones of the eastern North Pacific Ocean. Ed. 4. Imprimé au verso de U. S. Hydrographic Office, Pilot Chart of the *North Pacific Ocean*, n° 1401, août 1948.

- HYMAN (L. H.). — Polyclad worms collected on the Presidential cruise of 1938. *Smiths. Misc. Coll.*, 98, 17, 1939, pp. 1-13.
- IVES (R. L.). — Hurricanes on the west coast of Mexico. *Proc. 7th Pac. Sci. Cong.* (1949), 3, 1952, pp. 21-31.
- KEEN (A. M.). — *Sea shells of tropical West America. Marine mollusks from Lower California to Colombia*, pp. 1-624. Stanford University Press, 1958.
- KIMBALL (J. H.). — A Pacific hurricane of September, 1915. *Monthly Weather Rev.*, 43, 1915, p. 486.
- KNAUSS (J. A.). — Measurements of the Cromwell Current. *Deep-Sea Research*, 6, 1960, pp. 265-286.
- KNAUSS (J. A.) et PEPIN (R.). — Measurements of the Pacific Equatorial Countercurrent. *Nature*, 183, 1959, p. 380.
- LA BARBINAIS LE GENTIL. — *Nouveau voyage autour du monde*. 2 vol., Paris, 1725.
- LACROIX (A.). — Sur la transformation de roches volcaniques en phosphate d'alumine sous l'influence de produits d'origine physiologique. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 143, 1906, pp. 661-664.
- Clipperton, îles de Pâques et Pitcairn, esquisse lithologique. *Ann. Inst. Océanogr.*, 18, 1939, pp. 290-330.
- LADD (H. S.). — Origin of the Pacific Island molluscan fauna. *Am. Journ. Sci., Bradley Vol.*, 258 A, 1960, pp. 137-150.
- Reef building. *Science*, 134, 3481, 1961, pp. 703-715.
- LAUBENFELS (M. W. DE). — Sponges collected on the Presidential cruise of 1938. *Smiths. Misc. Coll.*, 98, 15, 1939, pp. 1-7.
- LENZ (H.). — Ergebnisse einer Reise nach dem Pacific (Schauinsland, 1896-1897). Crustaceen. *Zool. Jahrb. Syst.*, 14, 1901, pp. 429-482.
- LOOMIS (L. M.). — A review of the albatrosses, petrels and diving petrels. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, IV, 2, 2, 1918, pp. 1-187.
- MACNEIL (F. S.). — The shape of atolls : an inheritance from subaerial erosion forms. *Am. Journ. Sci.*, 252, 1954, pp. 402-427.
- MCDONALD (W. F.), ed. — *Atlas of climatic charts of the oceans* (W. B. n° 1247). i-vi, 65 pp. of charts (130). Washington, D. C., 1938.
- MCNEILL (J.). — Papers from the Hopkins Stanford Galapagos Expedition, 1898-1899. IV. Entomological results (4); Orthoptera. *Proc. Washington Acad. Sci.*, 3, 1901, pp. 487-506.
- MENARD (H. W.) et FISHER (R. L.). — Clipperton fracture zone in the northeast equatorial Pacific. *Journ. Geol.*, 66, 3, 1958, pp. 239-253.
- MENARD (H. W.) et HAMILTON (E. L.). — Symposium on Pacific Basin biogeography : (B) Tropical relationships. Paleogeography of the tropical Pacific. *10th Pac. Sci. Congress, Abstracts of Symposium Papers*, 227. Honolulu, 1961.
- MEXICO (Secretaria de Relaciones exteriores). — *Isla de la Pasión llamada de Clipperton*, pp. 1-94. Mexico, 1909 (1911) (daté 1909, mais contient des documents de 1911).
- MÖLLER (F.). — Vierteljahrskarten des Niederschlags für die ganze Erde. *Petermanns Mitt.*, 95, 1, 1951, pp. 1-7. Carte.
- MORRELL Jr. (B.). — *A narrative of four voyages to the South Sea, North and South Pacific Ocean* (1822-1831), pp. 1-492. New-York, 1832.
- MORRIS (C. E.). — The island the world forgot. *New Outlook*, 164, 1, 1934, pp. 31-35.
- MUNK (W. H.) et SARGENT (M. C.). — Adjustment of Bikini Atoll to ocean waves. *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, 260-C, 1954, pp. 275-280.
- MURPHY (R. C.). — *Oceanic birds of South America*, 2 vol., Am. Mus. Nat. Hist., New York, 1936.
- MURPHY (R. C.), NIEDRACH (R. J.) et BAILEY (A. M.). — Canton Island. *Museum Pictorial*, 10, 1954, pp. 1-78.
- NEWELL (N. D.). — Geological reconnaissance of Raroia (Kon Tiki) Atoll, Tuamotu Archipelago. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 109, 1956, pp. 311-372.
- NEWHOUSE (J.). — Floristics and plant ecology of Raroia Atoll. Tuamotus. Part. 2. Ecological and floristic notes on the Myxophyta of Raroia. *Atoll Res. Bull.*, 33, 1954, pp. 42-54.
- NIERING (W. A.). — Bioecology of Kapingamarangi Atoll. Caroline Islands : Terrestrial aspects. *Atoll Res. Bull.*, 49, 1956, pp. 1-32.

- NUNN (G. E.). — Magellan's route in the Pacific. *Geogr. Rev.*, 24, 1934, pp. 615-633.
- OBERMÜLLER (A. G.). — Contribution à l'étude géologique et minérale de l'île Clipperton (Polynésie française), in, *Recherche géologique et minérale en Polynésie française*, pp. 45-60, pl. I-XI, carte, Inspection générale des Mines et de la Géologie, Paris, 1959.
- OSBURN (R. C.). — Bryozoa of the Pacific coast of America. *Hancock Pac. Exped.*, 14, 1950-1953, pp. 1-841.
- PEASE (W. H.). — On the existence of an atoll near the west coast of America. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 3, 1868, pp. 199-201.
- PETERSSON (H.). — The voyage. *Repts. Swedish Deep-Sea Exped.*, 1, 1, 1957, pp. 1-123.
- PROCTOR (V. W.). — Dispersal of fresh-water algae by migratory water birds. *Science*, 130, 3376, 1959, pp. 623-624.
- RANDALL (J. E.). — A revision of the surgeon fish genus *Acanthurus*. *Pac. Sci.*, 10, 1956, pp. 159-235.
- RATHBUN (M. J.). — Papers from the Hopkins Stanford Galapagos Expedition, 1898-1899. VIII. Brachyura and Macrura. *Proc. Washington Acad. Sci.*, 4, 1902, pp. 275-292.
- REDFIELD (W. C.). — *Observations in relation to cyclones of the Western Pacific : embraced in a communication to Commodore Perry*. 33rd Congress, 2nd Session, Senate Executive Doc. 79, vol. II : 1856, pp. 333-359.
- RICHARDSON (H.). — Papers from the Hopkins Stanford Galapagos Expedition, 1898-1899. VI. The Isopods. *Proc. Wash. Acad. Sci.*, 3, 1901, pp. 565-568.
- RIDLEY (H. N.). — *The dispersal of plants throughout the world*, pp. 1-744, Ashford, Kent, 1930.
- ROUCH (J.). — *Traité d'océanographie physique*, 3 vol., Paris, 1943-1948.
- *Météorologie et physique du globe*. Tome I. Météorologie nautique (2^e éd. revue et augmentée), pp. 1-177. Paris, 1950.
- *Les découvertes océanographiques modernes*, pp. 1-251. Paris, 1959.
- SACHET (M.-H.). — Pumice and other extraneous volcanic materials on coral atolls. *Atoll Res. Bull.*, 37, 1955, pp. 1-27.
- Botany, in : Field report. IGY Clipperton Island Expedition. August-September 1958. *Univ. Calif., Scripps Inst. Oceanography Progress Report*. SIO Ref. 59-13, 1959 a, pp. 6-7.
- Vegetation of Clipperton Island. *Proc. 9th Int. Bot. Congress*, II, 1959 b, pp. 337-338.
- Histoire de l'île Clipperton. *Cahiers du Pacifique*, n° 2, 1960, pp. 3-32.
- Flora and vegetation of Clipperton Island. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, IV, 31, 10, 1962, pp. 249-307.
- SCHAEFFER (V. B.). — *Seals, sea lions, and walruses*. A review of the Pinnipedia, pp. 1-179. Stanford, Calif., 1958.
- SCHMITT (W. L.). — Decapod and other Crustacea collected on the Presidential cruise of 1938 (with introduction and station data). *Smiths. Misc. Coll.*, 98, 6, 1939, pp. 1-29.
- SCHMITT (W. L.) et SCHULTZ (L. P.). — List of fishes taken on the Presidential cruise of 1938. *Smiths. Misc. Coll.*, 98, 25, 1940, pp. 1-10.
- SCHOTT (G.). — *Geographie des Indischen und Stillen Ozeans*, pp. 1-413. Deutsche Seewarte, Hambourg, 1935.
- SCHULTZ (L. P.) et WOODS (L. P.). — *Acanthurus triostegus marquesensis*, a new subspecies of surgeonfish, family Acanthuridae, with notes on related forms. *Proc. Wash. Acad. Sci.*, 38, 1948, pp. 248-251.
- SHIELDS (L. M.), MITCHELL (C.) et DROUET (F.). — Alga- and lichen-stabilized surface crusts as soil nitrogen sources. *Am. Journ. Bot.*, 44, 1957, pp. 489-498.
- SHOEMAKER (C. R.). — Amphipod Crustacea collected on the Presidential cruise of 1938. *Smiths. Misc. Coll.*, 101, 11, 1942, pp. 1-52.
- SLEVIN (J. R.). — Log of the schooner « Academy » on a voyage of scientific research to the Galapagos Islands, 1905-1906. *Calif. Acad. Sci. Occ. Pap.*, 17, 1931, pp. 1-162.
- SMITH (Maxwell). — *An illustrated catalog of the Recent species of the rock shells. Muricidae, Thaisidae and Coralliophilidae*, pp. i-x, 1-83. Trop. Lab., Lantana, Fla., 1939.
- SNODGRASS (R. E.) et HELLER (E.). — Papers from the Hopkins Stanford Galapagos Expedition, 1898-1899. XI. The birds of Clipperton and Cocos Islands. *Proc. Washington Acad. Sci.*, 4, 1902, pp. 501-520.

- Papers from the Hopkins-Stanford Galapagos Expedition, 1898-1899. XVII. Shore fishes of the Revillagigedo, Clipperton, Cocos, and Galapagos Islands. *Proc. Washington Acad. Sci.*, 6, 1905, pp. 333-427.
- STAGER (K. E.). — Expedition to Clipperton Island. *Los Angeles County Mus. Quart.*, 15, 1, 1959, pp. 13-14.
- SWARTZ (J. H.). — Geothermal measurements on Eniwetok and Bikini atolls. *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, 260-U, 1958, pp. i-iv, 711-741.
- TAYLOR (P. G.). — *Forgotten island*, pp. 1-345, London, 1948.
- TAYLOR (W. R.). — Algæ collected on the Presidential cruise of 1938. *Smiths. Misc. Coll.*, 98, 9, 1939, pp. 1-18.
- TEALL (J. J.). — A phosphatised trachyte from Clipperton Atoll. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, 54, 1898, pp. 230-233.
- TERCINIER (G.). — *Rapport d'une mission aux Etablissements français de l'Océanie*. Fasc. 1. Etude des sols, leurs propriétés et vocations, pp. 1-129. Nouméa, 1955 (Institut Français d'Océanie).
- THOMPSON (G. B.). — The Mallophaga (biting-lice) recorded from the Pacific Islands. *Ent. Mo. Mag.*, 74, 1938, pp. 184-189, 202-208; 75, 1939, pp. 18-38, 71-76, 120-123, 209-218.
- TONIOLO (A. R.). — A proposito della situazione e della prima conoscenza dell'Isola di Clipperton. *Riv. Geogr. Ital.*, 26, 1919, pp. 85-105.
- TRACEY Jr. (J. I.), ABBOTT (D. P.) et ARNOW (T.). — Natural history of Ifaluk Atoll : Physical environment. *Bishop Mus. Bull.*, 222, 1961, pp. 1-75.
- TRACEY Jr. (J. I.), LADD (H. S.) et HOFFMEISTER (J. E.). — Reefs of Bikini, Marshall Islands. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 59, 1948, pp. 861-878.
- U. S. HYDROGRAPHIC OFFICE. — Sea and swell charts, Northeastern Pacific Ocean. *H. O. Misc.*, n° 10, 712-D, 12 charts. Washington, 1944.
- Atlas of surface currents Northeastern Pacific Ocean. *H. O. Pub.*, 570, 12 charts, 1947.
- Weather summary, Central America, for use with Naval Air Pilots. *H. O. Pub.*, 531, pp. 1-166. Washington, 1948.
- Sailing directions for the west coasts of Mexico and central America. *H. O. Pub.*, 84, pp. 1-308. Washington, 1951 (9° ed.).
- U. S. NAVY (CNO). — *Marine climatic atlas of the world*. Vol. II. North Pacific Ocean. NAVAER 50-IC-529 : i-xviii, 275 charts, Washington 25, D. C., 1956 (1957).
- U. S. WEATHER BUREAU. — Voir McDONALD, 1938 (W. B. 1247), et U. S. Navy, 1956 (1957).
- VAN DENBURGH (J.) et SLEVIN (J. R.). — Reptiles and amphibians of the islands of the west coast of America. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, IV, 4, 1914, pp. 129-152.
- VAN DYKE (E. C.). — The Coleoptera of the Galapagos Islands. *Occ. Pap. Calif. Acad. Sci.*, 22, 1953, pp. 1-181.
- VESEY-FITZGERALD (D.). — *Further contributions to the ornithology of the Seychelles Islands*. *Ibis*, XIV, 5, 1941, pp. 518-531.
- VISHER (S. S.). — Tropical cyclones in the eastern North Pacific between Hawaii and Mexico. *Monthly Weather Rev.*, 50, 1922, pp. 295-297.
- Tropical cyclones of the Pacific. *Bishop Mus. Bull.*, 20, 1925, pp. 1-163.
- WELLS (J. W.). — Recent corals of the Marshall Islands. *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, 260-I, 1954, pp. 385-486.
- WENTWORTH (C. K.). — Factors in the behavior of ground water in a Ghyben-Herzberg system. *Pac. Sci.*, 1, 1947, pp. 172-184.
- Describing size grades of beach and other sedimentary materials, in, FOSBERG (F. R.) and SACHET (M.-H.), eds. Handbook for Atoll Research (Second Preliminary Edition). *Atoll Res. Bull.*, 17, 1953, p. 23.
- WETMORE (A.). — Birds from Clipperton Island collected on the Presidential cruise of 1938. *Smiths. Misc. Coll.*, 98, 22, 1939, pp. 1-6.
- WHARTON (G. W.). — Acarina collected on the presidential cruise of 1938. *Smiths. Misc. Coll.*, 99, 12, 1941, pp. 1-8.

- WHARTON (W. J. L.). — Note on Clipperton Atoll (Northern Pacific). *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, 54, 1898, pp. 228-229.
- WILLIAMS (H.). — The history and character of volcanic domes. *Univ. Calif. Pub. Bull. Dept. Geol.*, 21, 5, 1932, pp. 51-146.

CARTES

- FRANCE (Service Hydrographique de la Marine). — *Ilot Clipperton*, n° 5825, 1/20 000, Paris, 1937.
- GREAT BRITAIN, ADMIRALTY. — *Clipperton lagoon island*, n° 1936, July 1893 (1^{re} ed. 1849).
- MOLL (H.). — *A new and exact map of the coast, countries and Islands within ye Limits of Ye South Sea Company*. 1 sheet, undated (1730 to 1735 ?).
- U. S. HYDROGRAPHIC OFFICE. — Clipperton Island. *H. O.*, n° 1680, 1/20 000, Washington, 1938 (1^{re} ed., 1897).
- *Pilot chart of the North Pacific*, n° 1401, publiée mensuellement.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I

FIG. 1. — Ile Clipperton, vue aérienne (1957). Au premier plan, à droite, Camp des Naturalistes. Au fond, Rocher Clipperton. Noter la différence d'aspect entre océan (tout premier plan) et lagon.

FIG. 2. — La région de Clipperton, photographie prise par le satellite météorologique *Tiros III*, le 22 juillet 1961, vers 18 heures, heure centrale de Greenwich, d'une altitude de 725 km. Photographie reçue de la National Aeronautics and Space Administration, et du U. S. Weather Bureau. Le bord supérieur de la photographie est orienté à peu près N-NW. La position approximative de l'île Clipperton est au milieu du côté droit. Les lignes courbes, dans le coin supérieur droit, représentent la position de l'ouragan Madeline, la tache blanc brillant étant le centre du cyclone. Les vents vont dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, le long des lignes courbes de nuages.

PLANCHE II

FIG. 3-5. — Beach rock sur la côte Nord-Est. De gauche à droite : brisants, platier du récif avec blocs de corail, dalles de beach rock, plage.

FIG. 3. — Dalles superposées.

FIG. 4. — Longue dalle légèrement affouillée.

FIG. 5. — Dalle à surface creusée de vasques (plate-forme d'érosion).

FIG. 6. — Même région de l'île (en face du Camp des Naturalistes) : dalles de beach rock rejetées en haut de la plage. Des dalles semblables ont été lancées jusque sur la bande de terre émergée, dont le rebord, ici, a été affouillé et a reculé par suite de la tempête 1957-1958.

PLANCHE III

FIG. 7-9. — Région Nord-Est de l'île, formations rocheuses dénudées et sapées par la tempête de 1957-1958. Vues vers le Nord-Ouest.

FIG. 7. — Formation conglomératique épaisse, peut-être une forme de beach rock. Au-dessus, rebord de la bande de terre émergée. En bas à droite, plage avec débris d'algues laissés par la marée.

FIG. 8. — La formation épaisse de beach rock élevé, couverte en partie de débris coralliens. Dalles de beach rock en bas de la plage. (Photo E. C. ALLISON.)

FIG. 9. — La formation épaisse est divisée en témoins. Au-dessus, débris coralliens et rebord du conglomérat de l'île. Le personnage se tient sur un pavage de beach rock. A droite, dalles de beach rock qui découvrent à marée basse. (Photo E. S. REESE.)

FIG. 10. — De gauche à droite : océan et brisants, récif submergé, plage; même région vue du Sud-Est, rebord supérieur du beach rock élevé, tranchée affouillée et rebord du conglomérat de l'île qui est dénudé au premier plan, mais ailleurs couvert de gravier corallien, et qui descend en pente douce vers le lagon (centre droit).

PLANCHE IV

FIG. 11. — Plus loin, vers le Nord-Est, le beach rock élevé est moins net, la tranchée s'élargit et contient une accumulation de débris coralliens. (Photo E. C. ALLISON.)

FIG. 12. — Récif de la côte Sud-Ouest. Au premier plan, levée de gravier (beach ridge), grise puis blanche, plage de sable blanc. Au centre, platier du récif avec blocs de corail couverts d'algues, au fond océan et brisants. (Photo E. C. ALLISON.)

FIG. 13. — Récif au nord de l'atoll. Au premier plan, levée de blocs; au fond, deuxième levée, probablement formée par la tempête de 1957-1958, et enfermant une mare peu profonde sur le platier du récif encombré de blocs de corail qui paraissent noirs sur la photographie.

FIG. 14. — Le great sand wash, partie Nord-Est de la région dévastée en 1957-1958. On distingue au fond l'épave, le Camp des Naturalistes, et le conglomérat de l'île recouvert d'une couche de gravier formant surplomb au-dessus de l'étendue de sable du premier plan. Au centre droit, le lagon paraissant noir. (Photo E. C. ALLISON.)

PLANCHE V

FIG. 15. — Même région de l'île : bord de la région dévastée; début de colonisation par *Ipomœa pes-capræ* et *Cenchrus echinatus*.

FIG. 16. — Région Nord-Est de l'atoll, au nord-ouest du Camp des Naturalistes. Falaises du lagon avec cordon littoral de gravier corallien, probablement déposé par la tempête de 1957-1958. Eau du lagon dans l'angle inférieur gauche.

FIG. 17. — Détail de la face d'une falaise dans la région dévastée du Nord-Est. Débris coralliens altérés et partiellement cimentés en un conglomérat phosphatique (cf. pl. X, fig. 40).

FIG. 18. — Angle Est de l'atoll. Sur l'étendue de sable, débris flottés de toutes sortes, petit cocotier provenant d'une noix flottée. Bosquet de cocotiers du Sud-Ouest visible au loin, sur l'autre rive du lagon.

PLANCHE VI

FIG. 19. — Sand wash du Sud-Ouest. Les blocs de corail noirs, en partie ensablés, indiquent que du sable a été récemment apporté, ou remanié. A droite, restes de la piste tracée en 1945. Cette région sablonneuse était déjà marquée sur les cartes de 1897.

FIG. 20. — Levée de blocs près de l'angle Nord de l'atoll. Un bloc de roche volcanique verte est enserré (à gauche du pic, juste au-dessus du bloc très blanc) dans l'arbre mort apporté par les flots. (Photo E. C. ALLISON.)

FIG. 21. — Base du Crochet. Rocher Clipperton à gauche, mare à Cypéracées au premier plan. En arrière, petit gradin et pavage de conglomérat phosphatique avec végétation de mousse, ou de *Sida* et *Solanum*.

FIG. 22. — Gradins de conglomérat phosphatique dans la région Nord-Est de l'atoll, un peu au sud-est de l'épave. Au premier plan, végétation d'*Heliotropium curassavicum* sur le sol limoneux.

PLANCHE VII

FIG. 23. — Rivage du lagon à la Pointe Verte. Cordon de gravier corallien, probablement déposé par la tempête de 1957-1958, et coupé de passes faisant communiquer le lagon (à gauche) avec les dépressions remplies de Cypéracées. En arrière, végétation de *Cenchrus* qui recolonise la région dévastée.

FIG. 24-25. — Vues aériennes (1957) du Rocher Clipperton montrant l'Isthme; à gauche, le bouquet de cocotiers de la face Est, le Rocher divisé en murailles parallèles, l'étroite bande de terre qui sépare la Baie du Rocher de l'océan et, à droite, les îlots volcaniques situés au sud du Rocher.

FIG. 26. — Face Sud-Ouest du Rocher.

PLANCHE VIII

FIG. 27. — Le Rocher Clipperton vu de la Base du Crochet. Au premier plan, pavage phosphatique avec végétation de mousse, et, à mi-distance, de touffes de *Sida rhombifolia* et *Solanum nigrum*.

FIG. 28. — Vue du Gerbier-de-Jonc.

FIG. 29. — Petite corniche de conglomérat corallien sur la face Sud du Rocher Clipperton.

FIG. 30. — Surface de la corniche. Les oiseaux sont des noddis avec leurs œufs (pas de nid).

PLANCHE IX

FIG. 31. — Echantillon 14-1. Fragments de corail très altérés, inclus dans une gangue de limon phosphatique aggloméré.

FIG. 32. — Echantillon 17. Face inférieure d'un fragment d'une dalle de beach rock prélevé *in situ*. Cailloux coralliens et ciment sableux.

FIG. 33. — Echantillon 28. Fragments de deux dalles de beach rock transportées par les vagues de tempête et déposées par-dessus la végétation; l'une beaucoup plus homogène que l'autre.

FIG. 34. — Echantillon 10. Face inférieure d'un conglomérat du type carapace. Branches de corail encore blanc au centre, à structure bien reconnaissable, dans un ciment jaunâtre ou gris.

FIG. 35. — Echantillon 27 A. Conglomérat corallien à ciment phosphatique, dont les branches de corail ont été presque entièrement dissoutes. Les cloisons phosphatiques forment une roche profondément vacuolaire.

FIG. 36. — Echantillon 27 A. Détail de l'échantillon précédent. Moulage en creux d'un fragment de corail dissous, en bas à gauche, et cloisons phosphatiques à cassure rubanée et porcelanée.

PLANCHE X

FIG. 37. — Echantillon 18. Même type de roche vacuolaire phosphatique, avec moulage de coraux à la surface des cloisons. Le morceau de gauche est couvert d'un enduit vitreux de guano blanc.

FIG. 38. — Echantillon 27. Conglomérat phosphatique; structure alvéolaire à la face supérieure libre (sombre), structure de carapace à la face inférieure (claire). Au centre, un fragment de corail dissous en surface, dans une loge de cloisons de ciment phosphatique.

FIG. 39. — Echantillon 27. Autres morceaux du même échantillon montrant, à gauche, la face supérieure alvéolaire avec cloisons de ciment phosphatique et rares fragments de corail altérés; à droite, face inférieure à ciment grossier jaunâtre, avec petits cailloux de corail dont un, très altéré, est libre dans sa loge.

FIG. 40. — Echantillon 33. Conglomérat des falaises du Lagon. Le fragment de droite est un agrégat typique à cailloux coralliens cimentés aux points de contact. Dans le morceau de gauche, certains cailloux sont en voie de dissolution, avec début de formation de structure alvéolaire en surface. Au centre, cailloux en voie de dissolution ou en partie recouverts d'une gangue de ciment plus foncé.

FIG. 41. — Echantillon 16. Concrétions phosphatiques détachées de la paroi du Rocher volcanique.

FIG. 42. — Types de pierres ponce récoltées à Clipperton : en haut, au centre, ponce spongieuse ; à gauche, ponce fibreuse. Au centre, morceau de roche dense, peut-être un résidu de chaudière.

PLANCHE XI

FIG. 43. — Vue aérienne (1957) du bosquet de cocotiers du sud-ouest de l'île. De gauche à droite, récif (avec la trace de l'ancien wharf démoli), plage, terre émergée avec groupe de palmiers et sol couvert de lianes d'*Ipomœa pes-capræ*, lagon (Baie de la Pince).

FIG. 44. — Partie Nord du bosquet de cocotiers, le long de la baie de la Pince dont le rivage est couvert d'*Ipomœa pes-capræ*. Abondante végétation aquatique dans le lagon.

FIG. 45. — Groupe de cocotiers au sud-est du grand bosquet ; gradin de conglomérat phosphatique au centre.

FIG. 46. — Colonies de sternes fuligineuses au nord de l'île. Au premier plan, sommet de la levée de corail ; végétation herbacée derrière les oiseaux, et lagon au loin.

PLANCHE XII

FIG. 47. — Fous bruns sur le Rocher Clipperton. Le jeune, encore en duvet blanc, est presque aussi gros que les adultes. Noter les éclaboussures de guano blanc sur la roche volcanique foncée.

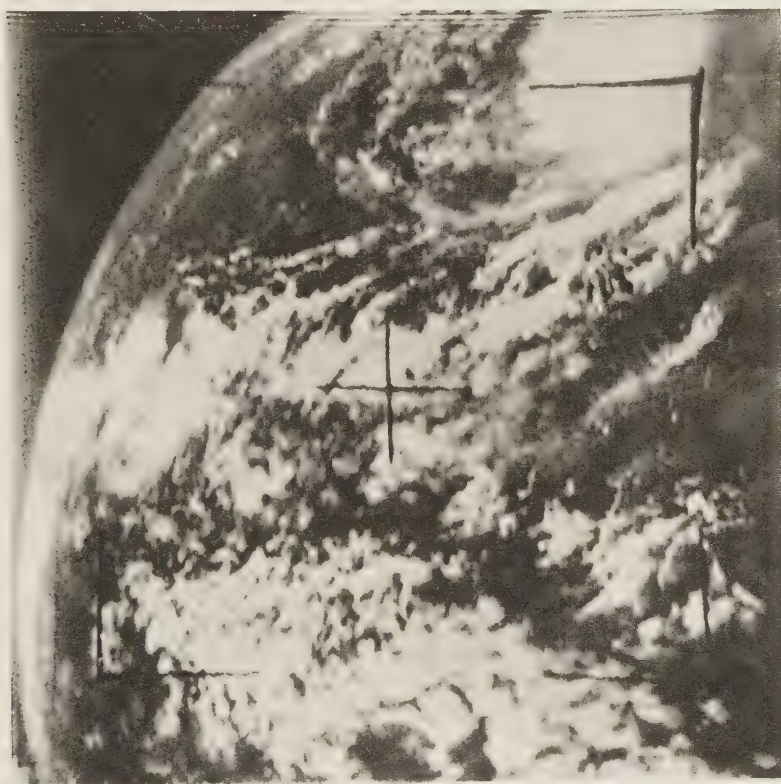
FIG. 48. — Frégates à l'angle Est de l'anneau corallien. Les débris flottés sont déposés sur le sable, en lignes océan-lagon très nettes. Au fond, à gauche, Camp des Naturalistes ; au centre, épave. (Photo E. C. ALLISON.)

FIG. 49. — Sterne blanche. (Photo E. C. ALLISON.)

FIG. 50. — Œufs de lézard, le nid était abrité sous le bloc corallien de droite.



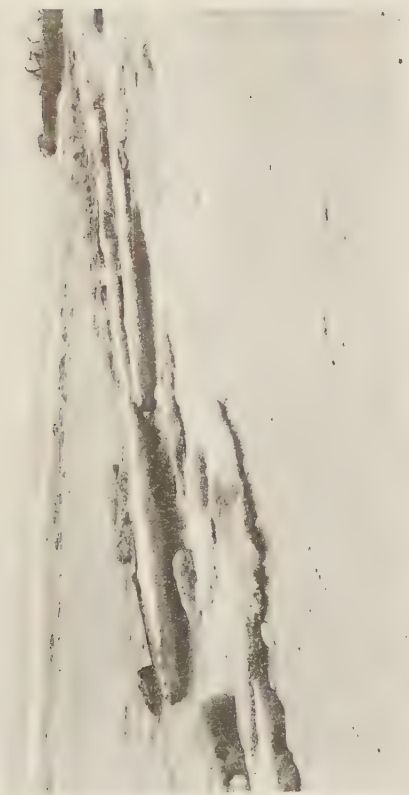
1



2

A. Barry Imp. Paris

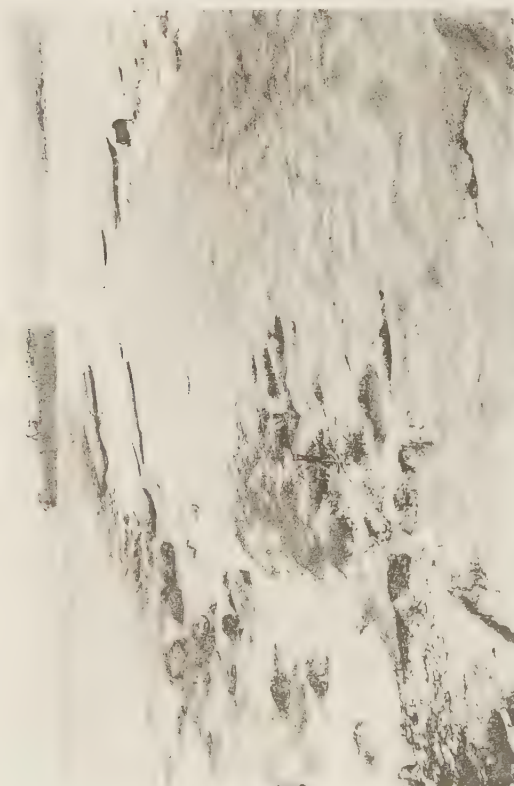
ILE CLIPPERTON



3



4



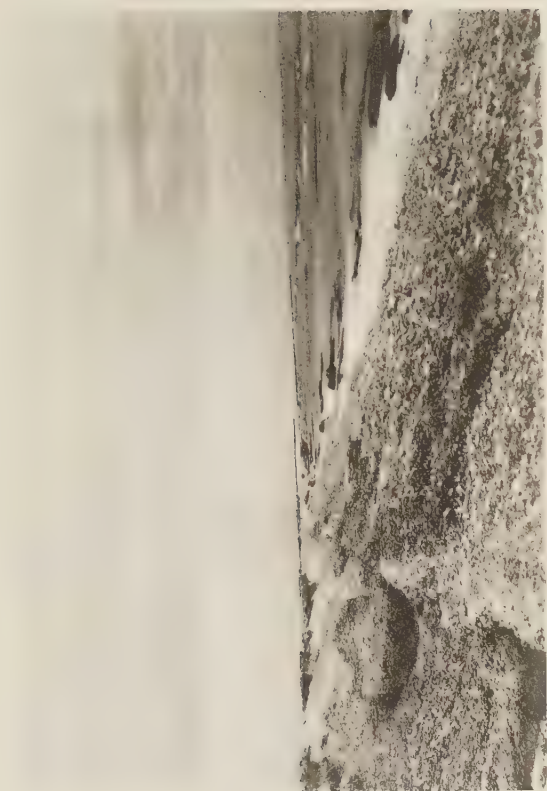
5



6

A. Barry Imp. Paris

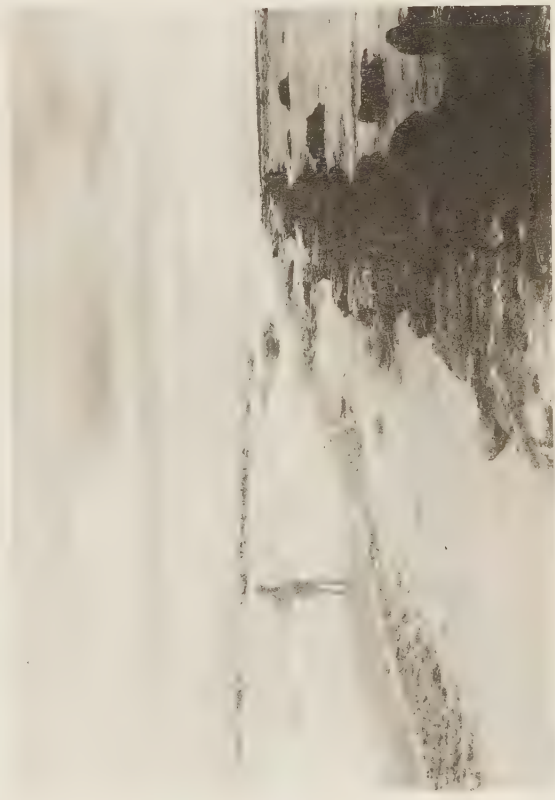
ILE CLIPPERTON



8



7



9



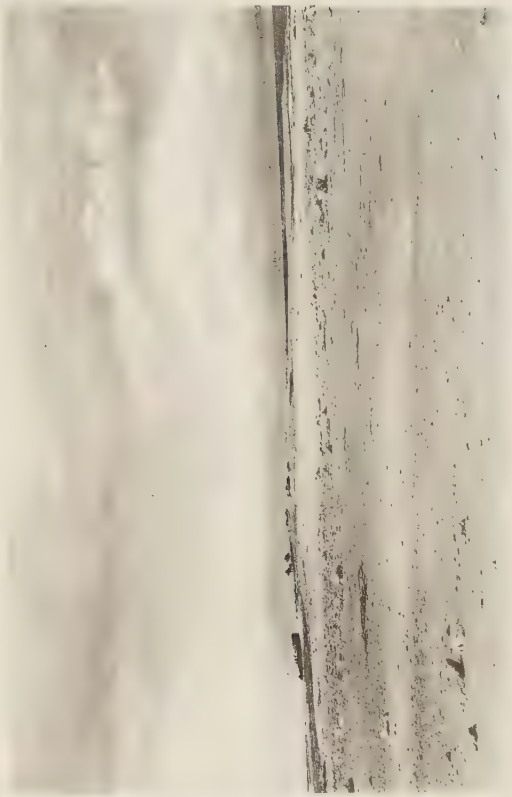
10

A. Barry Imp. Paris

ILE CLIPPERTON



12



14



11



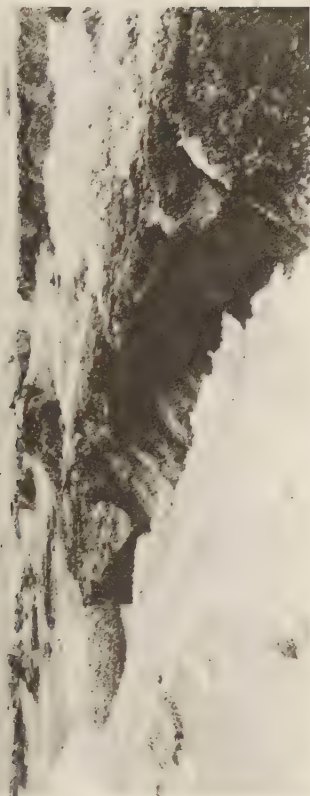
13

A. Barry Imp. Paris

ILE CLIPPERTON



15



16



17



18

A. Barry Imp. Paris

ILE CLIPPERTON



20



22



19



21

A. Barry Imp. Paris

ILE CLIPPERTON



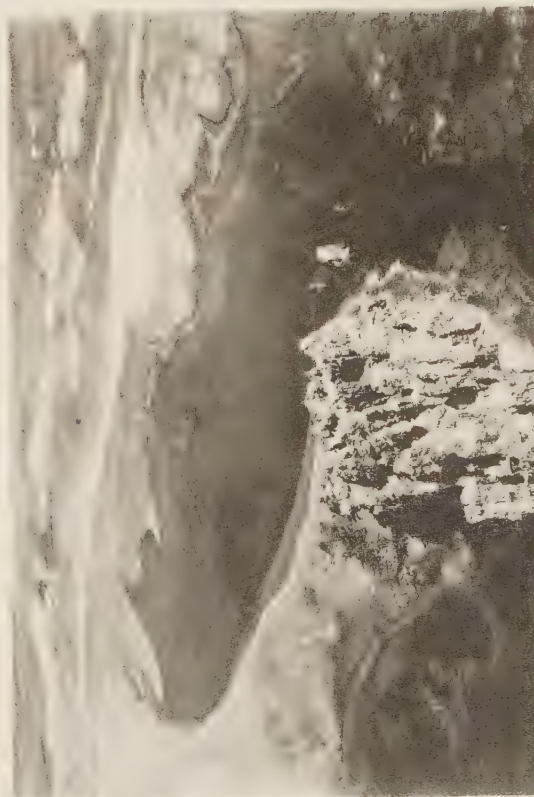
24



26

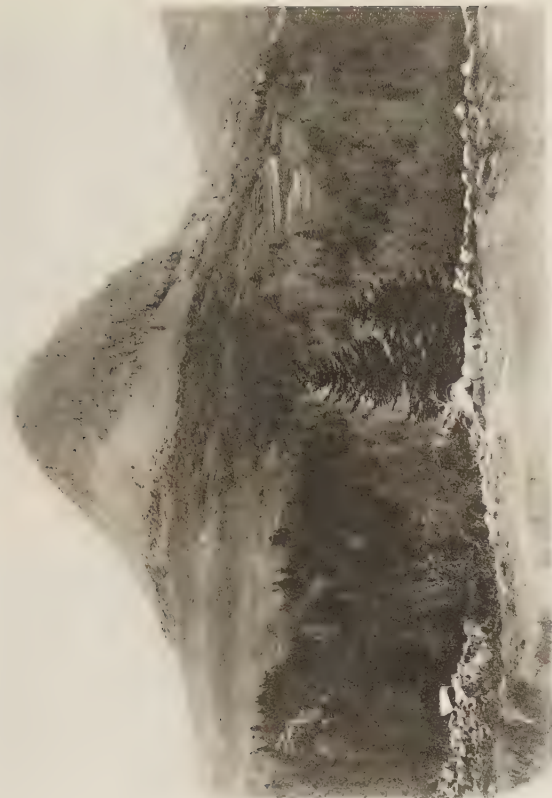


23

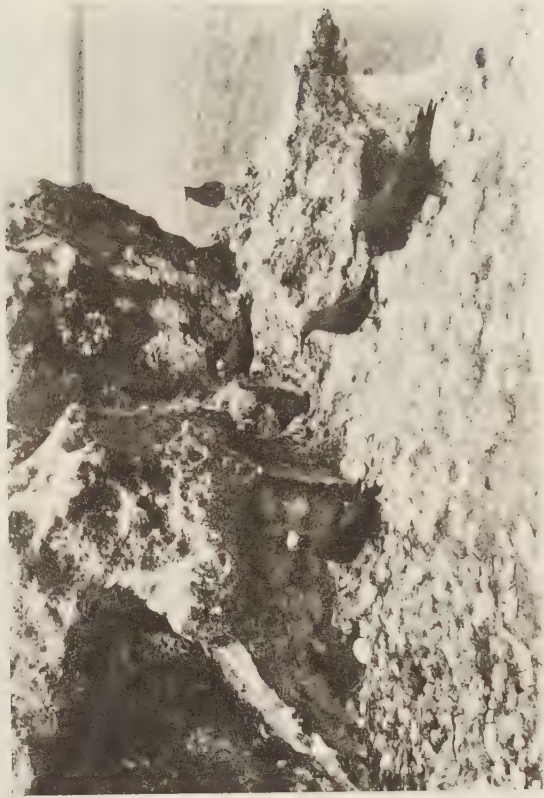


25

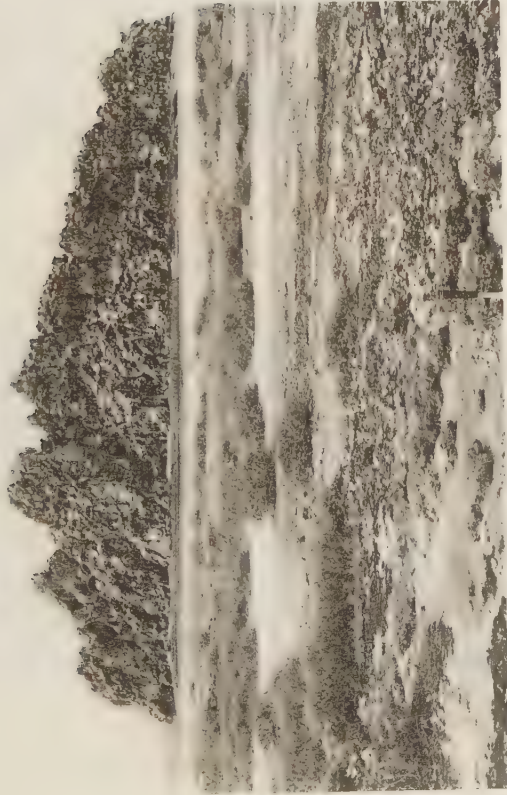
ILE CLIPPERTON



28



30



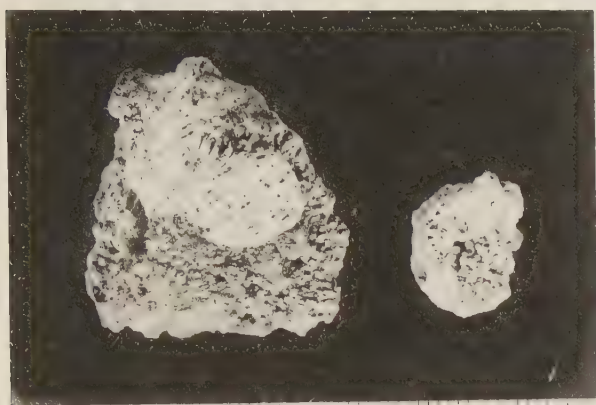
27



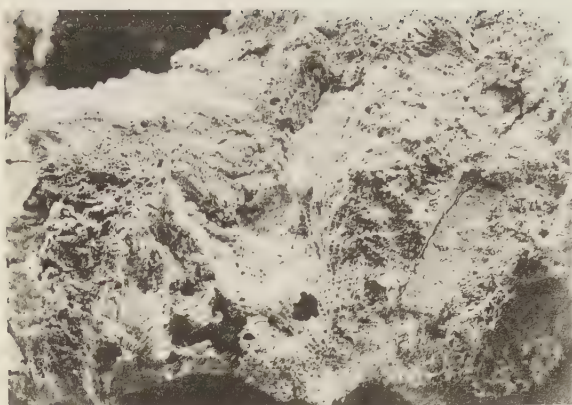
29

A. Barry Imp. Paris

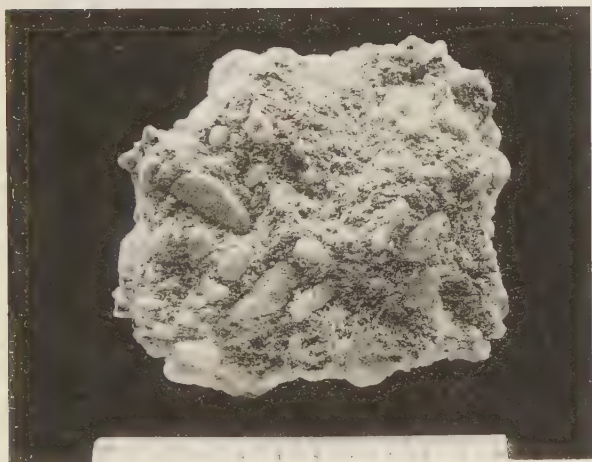
ILE CLIPPERTON et GERBIER DES JONCS



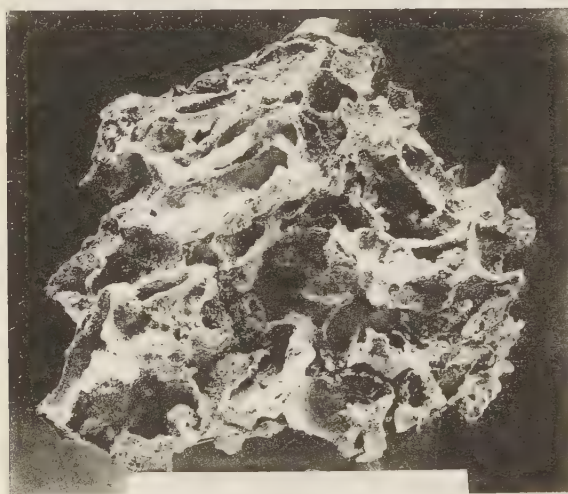
31



34



32



35

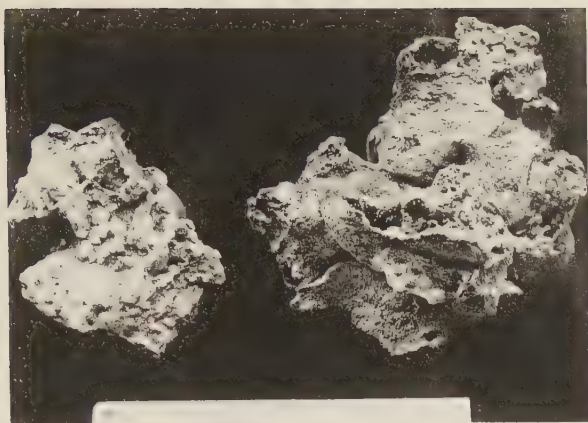


33

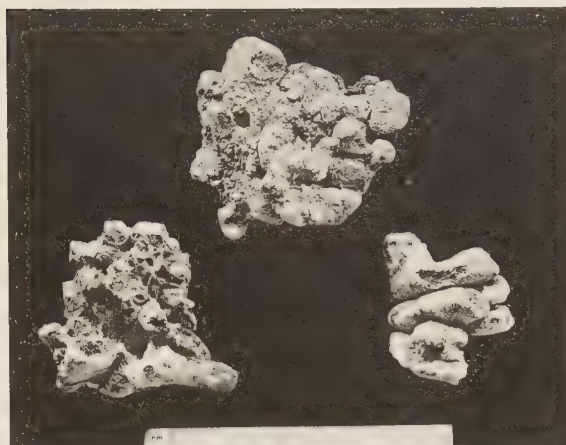


36

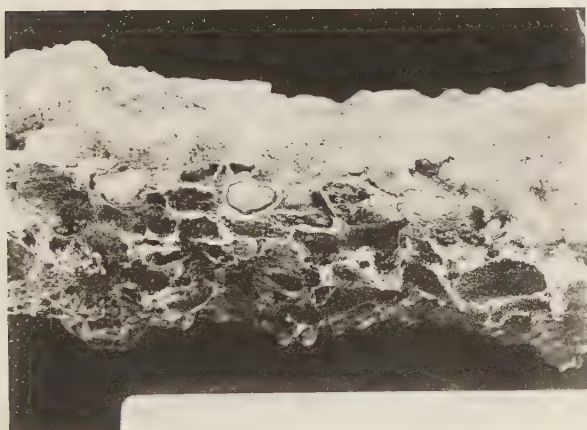
A. Barry Imp. Paris



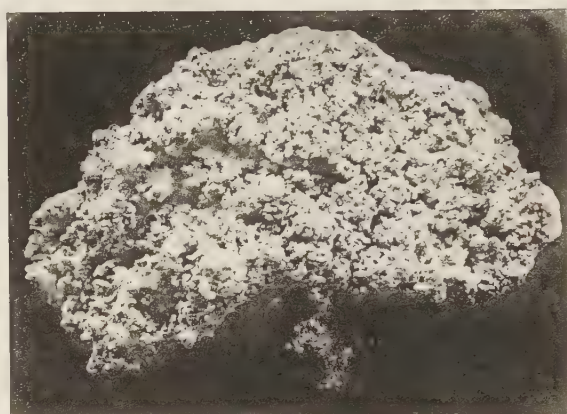
37



40

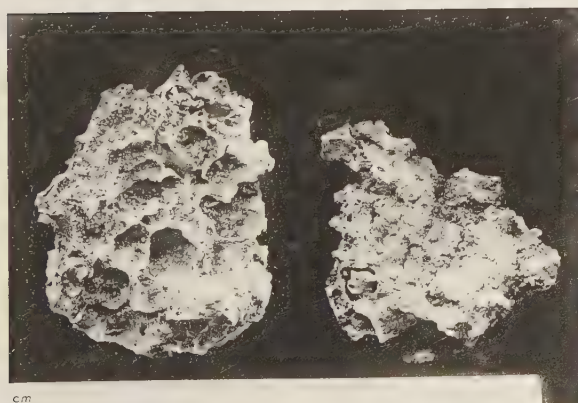


38



c.m.

41



c.m.

39



42

A. Barry Imp. Paris



43



44



45



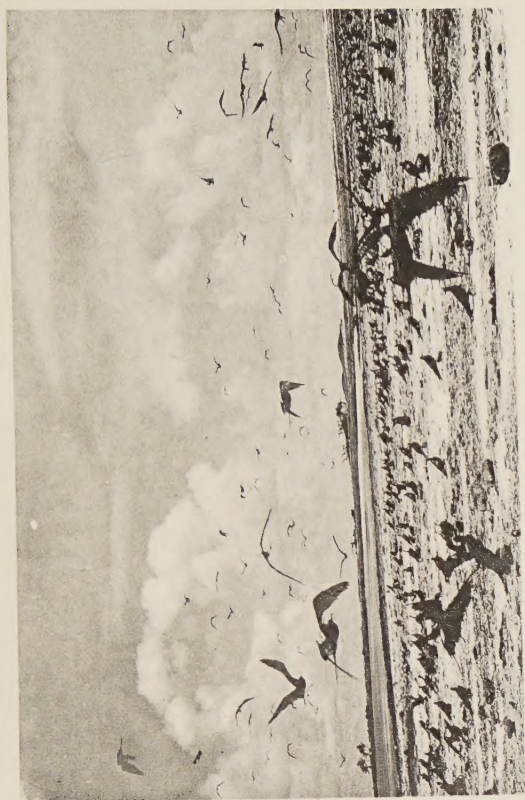
46

A. Barry Imp. Paris

ILE CLIPPERTON



47



48



49



50

